



**LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU**  
*Lahti University of Applied Sciences*

# ULKOILMA-VESILÄMPÖPUMPPUJEN HYÖDYNTÄMINEN KAUPPAPUUTARHOISSA

Case: Kärjämiehen Puutarha

LAHDEN  
AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Ympäristötekniologia  
Energia-asiat  
Opinnäytetyö  
Syksy 2014  
Eveliina Vesalainen

Lahden ammattikorkeakoulu  
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

VESALAINEN, EVELIINA: Ulkoilma-vesilämpöpumppujen  
hyödyntäminen kauppapuutarhoissa  
Case: Kärjämiehen Puutarha

Ympäristötekniikan opinnäytetyö, 42 sivua, 7 liitesivua

Syyskuu 2014

## TIIVISTELMÄ

---

Opinnäytetyön tarkoitus oli laskennallisesti selvittää, minkälaisia säästöjä Kärjämiehen Puutarhaan vuonna 2012 asennetuilla ulkoilma-vesilämpöpumpuilla on saatu aikaan. Lisäksi tarkoitus oli osoittaa, että ulkoilma-vesilämpöpumput soveltuvat kauppapuutarhojen lämmittämiseen. Työn toimeksiantaja oli Stiebel Eltron Oy. Opinnäytetyö koostuu teoriaosuudesta ja tutkimusosuudesta.

Teoriaosuudessa perehdytään ulkoilma-vesilämpöpumppujen toiminta-periaatteeseen ja keskitytään tämän lämpöpumppujärjestelmän erityispiirteisiin. Lisäksi esitellään erilaiset ulkoilma-vesilämpöpumppujen tyypit. Teoriaosuudessa kerrotaan myös Suomen puutarha- ja kasvihuonetuotannosta.

Tutkimusosuudessa laskettiin Kärjämiehen Puutarhan toteutunut vuosihyötysuhde, rahalliset säästöt, sijoitetun pääoman tuottoaste sekä hiilidioksidipäästöt vanhalla ja uudella lämmitysjärjestelmällä. Lisäksi laskennallisesti arvioitiin, mikä vaikutus rahallisiin säästöihin ja hiilidioksidipäästöihin on, jos Kärjämiehen Puutarha olisikin kausiviljelyn sijasta ympärivuotisessa toiminnassa.

Saatujen tulosten perusteella voidaan todeta, että Kärjämiehen Puutarhalle asennetut ulkoilma-vesilämpöpumput ovat toimineet hyvällä vuosihyötysuhteella 2,9. Lämmitykseen kuluu uudella järjestelmällä vuosittain 38 % vähemmän rahaa kuin aikaisemmalla lämmitysjärjestelmällä. Lisäksi hiilidioksidipäästöjä syntyy ulkoilma-vesilämpöpumppulämmityksellä 40 % vähemmän kuin puhtaalla öljylämmityksellä. Säästöt ympärivuotisessa toiminnassa olisivat myös merkittävät, mutta vähäisemmät kuin kausiviljelyssä.

Kärjämiehen Puutarhaan asennettujen ulkoilma-vesilämpöpumppujen avulla lisättiin energiatehokkuutta, vähennettiin hiilidioksidipäästöjä ja nostettiin uusiutuvan energian tuotanto-osuutta.

Asiasanat: energiatehokkuus, kasvihuonekaasut, lämpöpumput, ulkoilma-vesilämpöpumput, uusiutuvat energialähteet

Lahti University of Applied Sciences  
Degree Programme in Environmental Engineering

VESALAINEN, EVELIINA: Utilizing of air-to-water heat pumps in  
market gardens  
Case: Käräjämiehen Puutarha

Bachelor's Thesis in Environmental Engineering, 42 pages, 7 pages of appendices

Spring 2014

## ABSTRACT

---

The market garden of Käräjämiehen Puutarha installed two air-to-water heat pumps in 2012. The purpose of this thesis was to study what kind of financial and environmental savings have been achieved. Another aim was to examine whether air-to-water heat pumps are suitable for heating market gardens. The thesis was commissioned by Stiebel Eltron Oy.

This thesis consists of a theoretical part and a practical part. The theoretical part was focused on the operating principle of the air-to-water heat pumps. In this part the various types of air-to-water heat pumps were studied. The practical part calculated the annual efficiency of Käräjämiehen Puutarha. The financial savings and the carbon dioxide emissions with the old and the new heating system were also calculated. In addition, the impact on the financial savings and carbon dioxide emissions if Käräjämiehen Puutarha was heated all year round were also estimated.

The results seem to indicate that the annual efficiency has been good (2.9) in Käräjämiehen Puutarha. Compared to the oil heating system, with the new system the cost has reduced 38 % in one year. The carbon dioxide emissions have reduced 40 %. If Käräjämiehen Puutarha was heated all year round, the savings would also be significant but less than with the current heating period.

The change in the heating system increased energy efficiency and the share of renewable energy. As a result of the air-to-water heat pump heating, carbon dioxide emissions are also reduced.

Key words: air-to-water heat pumps, energy efficiency, greenhouse gases, heat pumps, renewable energy sources

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	STIEBEL ELTRON -KONSERNI	2
3	ULKOILMA-VESILÄMPÖPUMPUT	4
3.1	Toimintaperiaate	5
3.2	Lämpökerroin ja teho	6
3.3	Puskurivaraajat	7
3.4	Kylmäaineet	8
3.5	Ulkoilma-vesilämpöpumppujen tyypit	10
3.6	Edut ja haitat	12
3.7	Soveltuvuus	13
3.8	Mitoitus	14
3.9	Stiebel Eltron -ulkoilma-vesilämpöpumput	14
3.9.1	WPL 10 AC, WPL 10 A, WPL 10 I ja WPL 10 IK	15
3.9.2	WPL 13-23 E ja WPL 13-23 cool	17
3.9.3	WPL 34-57	18
4	PUUTARHATUOTANTO SUOMESSA	20
5	KÄRÄJÄMIEHEN PUUTARHA	22
5.1	Lämmitysjärjestelmän kuvaus	23
5.2	Lämmitystarveluvut	25
5.3	Toteutunut vuosihyötysuhde	26
5.4	Normitettu vuosikulutus	27
5.5	Rahalliset säästöt	30
5.6	Sijoitetun pääoman tuottoaste	32
5.7	Hiilidioksidipäästöt	33
5.8	Säästöarviot ympärivuotisessa toiminnassa	34
5.9	Kehitysehdotukset	37
6	TULOKSET	40
7	YHTEENVETO	41
	LÄHTEET	43
	LIITTEET	

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus on perehtyä ulkoilma-vesilämpöpumppujen toimintaan ja osoittaa, että ne soveltuvat kauppapuutarhojen lämmitykseen. Tavoitteena on myös laskennallisesti selvittää, minkälaisia todellisia säästöjä Käräjämiehen Puutarhaan vuonna 2012 asennetuilla ulkoilma-vesilämpöpumpuilla on saatu aikaan.

Vuonna 2012 Suomessa kului rakennusten lämmitykseen 77 TWh energiaa, mikä oli 25 % energian vuotuisesta loppukäytöstä (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2014, 15). Perinteiset lämmitysmuodot, kuten sähkö ja öljy, ovat kallistumassa. Moni kiinteistönomistaja pohtiikin lämmitysjärjestelmän vaihtamista edullisempaan ja ympäristöystävällisempään vaihtoehtoon. Myös valtion tavoitteena on lisätä uusiutuvan energian käyttöä Suomessa. Muiden EU:n jäsenmaiden tavoin Suomi on sitoutunut noudattamaan yhteistä energia- ja ilmastopolitiikkaa, joka nojaa vahvasti niin kutsuttuun 20-20-20-tavoitteeseen. Siinä EU on sitoutunut vuoteen 2020 mennessä vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä 20 % vuoden 1990 tasosta, nostamaan uusiutuvan energian tuotanto-osuuden 20 %:iin sekä parantamaan energiatehokkuutta 20 % peruskehitykseen verrattuna (Työ- ja elinkeinoministeriö 2013).

Erilaisen lämpöpumppujen avulla ympäristöön varastoitunutta aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää rakennusten ja käyttöveden lämmityksessä. Niiden suosio on ollut kasvussa viimeisen vuosikymmenen aikana investointien kannattavuuden ja kehittyneen teknologian ansiosta. Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry:n toiminnanjohtaja Jussi Hirvosen (2014) mukaan vuonna 2013 lämpöpumppuja myytiin yli 60 000 kappaletta. Ulkoilma-vesilämpöpumppujen osuus oli noin 2 %. Hirvosen (2014) arvion mukaan ulkoilma-vesilämpöpumppujen markkinaosuus kasvaisi vuoteen 2020 mennessä 10 %:iin.

Kasvihuoneet ovat merkittävä yksittäinen energiankuluttaja Suomessa. Vuonna 2004 kasvihuoneet kuluttivat lähes 2 TWh energiaa ja synnyttivät noin 500 000 tonnia hiilidioksidipäästöjä. Suurin osa energiasta kuluu lämmitykseen.

Lämmitysmuodon vaihtaminen lämpöpumppuratkaisuun on yksi vaihtoehto, jolla voidaan vähentää kasvihuoneiden energiankulutusta ja hiilidioksidipäästöjä.

## 2 STIEBEL ELTRON -KONSERNI

Stiebel Eltron GmbH on vuonna 1924 perustettu saksalainen yritys. Se tarjoaa uusiutuviin energialähteisiin perustuvia lämmitys-, jäähdytys-, ilmanvaihto- ja ilmastointiratkaisuja. Yrityksen tavoitteena on perustamishetkestä lähtien ollut kehittää vähän energiaa kuluttavia tuotteita. Vuoden 1973 öljykriisin seurauksena Stiebel Eltron aloitti lämpöpumpputekniikan kehittämisen.

Lämpöpumpputuotanto käynnistyi vuonna 1976. Nykyään yrityksen omistaa perustaja Dr. Theodor Stiebelin pojat Frank ja Dr. Ulrich Stiebel. Stiebel Eltron GmbH on yksi maailman suurimmista lämpöpumppuvalmistajista. Sen pääkonttorit, yksi tuotantolaitos ja vuonna 2015 valmistuva uusi koulutus- ja viestintäkeskus sijaitsevat Saksan Holtzmindenissä. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014b.) Kuviossa 1 on ilmakehän Stiebel Eltronin toimitiloista Holtzmindenissä.



KUVIO 1. Ilmakehän Stiebel Eltronin toimitiloista Saksan Holtzmindenissä (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014a)

Stiebel Eltronilla on viisi tuotantolaitosta, joista kaksi on Saksassa sekä yksi Slovakiassa, Thaimaassa ja Kiinassa. Useat tuotantolaitokset takaavat korkean oman tuotannon osuuden, sillä muun muassa varaajat, automatiikat ja muoviosat valmistetaan itse. Tämä mahdollistaa korkean laadun ja innovatiivisen

kehitystyön. Saksan Holzmindenissä sijaitseva päätehdas on Euroopan suurin lämpöpumpputehdas, ja sen kapasiteetti on 66 000 lämpöpumppua vuodessa. (Andersson 2014a.)

Stiebel Eltron -konsernilla on yhteensä noin 3 000 työntekijää, ja konsernin liikevaihto oli vuonna 2013 460 miljoonaa euroa. Noin 40 % kokonaisliikevaihdosta tuli ulkomailta. Stiebel Eltron toimii maailmanlaajuisesti. Tytäryhtiöitä on yhteensä 18, joista yksi on Suomessa toimiva Stiebel Eltron Oy. Tytäryhtiöiden lisäksi myyntiedustus on yli 120 maassa. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014c.)

Insinööritoimisto Olli Andersson Oy aloitti Stiebel Eltron -järjestelmien maahantuonnin Suomeen vuonna 2009. Vuonna 2013 saksalainen emoyhtiö Stiebel Eltron GmbH osti yrityksen liiketoiminnan liiketoimintakaupalla. Tällöin perustettiin uusi yritys, Stiebel Eltron Oy, joka nykyään huolehtii Stiebel Eltron maa-, ulkoilma-vesi- ja aurinkolämpöjärjestelmien maahantuonnista (Andersson 2014b.) Yrityksen liikevaihto oli vuonna 2013 noin 4 miljoonaa euroa (Sanoma Media Finland Oy/Taloussanomat 2014). Stiebel Elton Oy on Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry:n jäsen (Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry 2014).

### 3 ULKOILMA-VESILÄMPÖPUMPUT

Ulkoilma-vesilämpöpumput ovat uusin lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu. Keski-Euroopassa suositut ulkoilma-vesilämpöpumput eivät ole vielä saavuttaneet vahvaa markkinaosuutta Suomessa. Suotuisissa olosuhteissa ulkoilma-vesilämpöpumppujen vuotuinen hyötysuhde yltää kuitenkin jopa lähelle maalämpöä. (Motiva Oy 2014g).

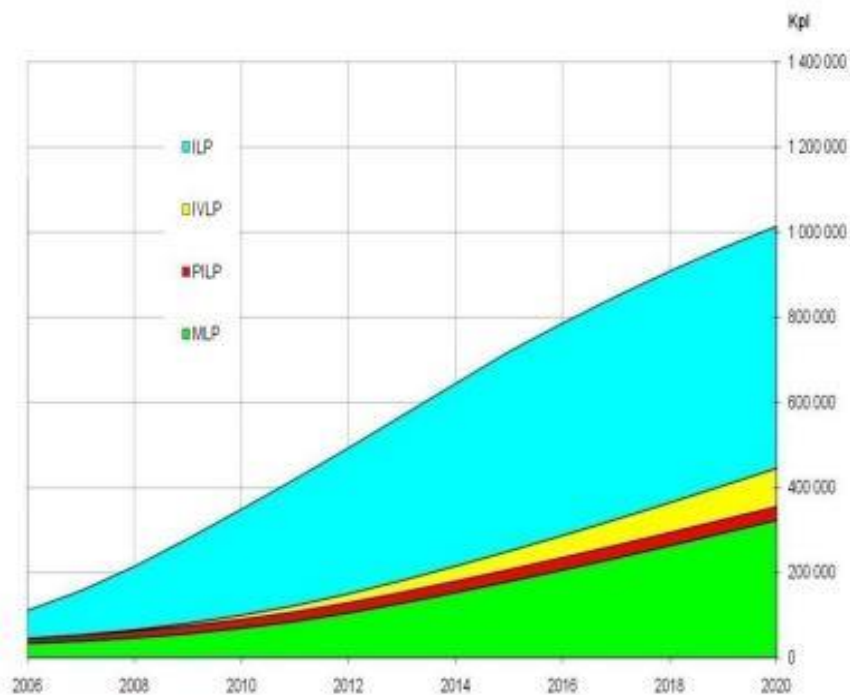
Ensimmäiset ulkoilma-vesilämpöpumput asennettiin Suomeen vuonna 2005.

Vuoden 2013 loppuun mennessä ulkoilma-vesilämpöpumppuja oli Suomessa yhteensä lähes 10 000 kappaletta (Hirvonen 2014). Suomen

Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry:n toiminanjohtaja Jussi Hirvonen (2014) odottaa ulkoilma-vesilämpöpumppujen suosion pysyvän maltillisessa kasvussa ja arvioi, että vuoteen 2020 mennessä Suomeen olisi asennettu noin 100 000 ulkoilma-vesilämpöpumppua. Kuviossa 2 on havainnollistettu arvio lämpöpumppujen kokonaismäärän kehityksestä aikavälillä 2006 - 2020.

Ulkoilma-vesilämpöpumppujen osuus näkyy kuviossa keltaisella.

**Lämpöpumppujen kokonaismäärän kehitys 2006- 2020**



KUVIO 2. Lämpöpumppujen kokonaismäärän kehitys 2006 - 2020 (Hirvonen 2014)

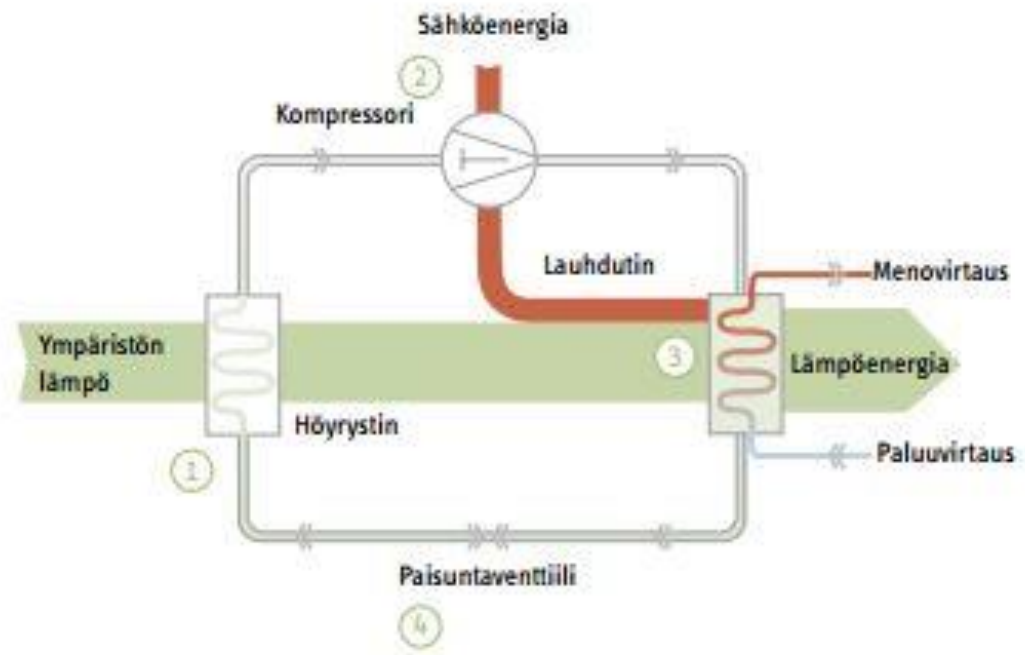


### 3.1 Toimintaperiaate

Ulkoilma-vesilämpöpumput hyödyntävät ulkoilman energiaa rakennuksen ja käyttöveden lämmityksessä. Kompressoriteknikan avulla energia siirretään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään sekä käyttöveteen. Ulkoilma-vesilämpöpumput toimivat samalla periaatteella kuin muutkin lämpöpumput. (Laitinen 2010, 78–79.) Systeemissä on kolme piiriä: lämmönkeruu-, kylmäaine- ja lämmityspiiri. Lämmönkeruupiiri kerää ulkoilmasta ilmaisenergiaa ja siirtää sen lämpöpumppuun. Suljetussa kylmäainepiirissä ulkoilman energia nostetaan halutulle tasolle ja lämmityspiirillä energia jaetaan rakennukseen ja käyttöveteen.

Ulkoilma-vesilämpöpumpun pääkomponentit ovat höyrystin, kompressori, lauhdutin ja paisuntaventtiili. Kylmäaine kiertää komponenttien läpi ja siirtää energiaa höyrystimeltä lauhduttimelle. Tähän tarvitaan mekaanista työtä, joka tuodaa systeemiin sähköllä toimivalla kompressorilla. Kompressorin tehontarve on pienempi kuin lämpöpumpun tuottama lämpöteho, mikä tekee lämpöpumpusta kannattavamman lämmitysratkaisun kuin suora sähkölämmitys. (Motiva Oy 2014f.)

Kuviossa 3 on havainnollistettu lämpöpumpun toimintaperiaate. Ulkoilma-vesilämpöpumpun puhallin kierrättää ulkoilmaa höyrystinpatterin läpi, oheisessa kuvassa kohta 1. Nestemäinen kylmäaine absorboi eli sitoo itseensä muutaman asteen verran ulkoilman energiaa. Kylmäaine höyrystyy. Tässä vaiheessa kylmäaineen paine on vielä alhainen. Kohdassa 2 kompressori puristaa höyrystynyttä kylmäainetta, jolloin paine ja lämpötila nousevat. Lauhduttimessa, kohta 3, höyrystynyt kylmäaine tiivistyy takaisin korkeapaineiseksi, alijäähtyneeksi nesteeksi. Samalla vapautuu lämpöenergiaa talon lämmityspiiriin ja käyttöveteen. Paisuntaventtiili laskee kylmäaineen painetta ja lämpötilaa, jonka jälkeen kylmäainekierros alkaa alusta, kohta 4. (IEA Heat Pump Centre 2014.)



KUVIO 3. Lämpöpumpun toimintaperiaate (Stiebel Eltron Oy 2014, 14)

### 3.2 Lämpökerroin ja teho

COP (Coefficient of Performance) eli lämpökerroin kuvaa lämpöpumpun hetkellisen hyötysuhteen eli sen, kuinka paljon lämpöpumpulla saadaan tuotettua lämpöä suhteessa kulutettuun sähkömäärään. Vuosihyötysuhde kertoo, kuinka paljon lämpöä tuotetaan vuodessa suhteutettuna kulutettuun sähköön.

Markkinoinnissa käytetyt COP-luvut perustuvat joko vanhaan, jo poistuneeseen EN 255 -standardiin, tai uuteen, tiukempaan EN 14511 -standardiin. Näiden standardien ero on siinä, että EN 14511 -standardissa lämpöpumpun sähkönkulutukseen on laskettu mukaan kompressorin lisäksi kiertovesipumppujen sähkönkulutus. (Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry 2012.)

Markkinoinnissa suositellaan käytettävän jatkossa vain EN 14511 -standardiin perustuvia lämpökertoimia ja tehoja vertailtavuuden helpottamiseksi.

Ulkoilma-vesilämpöpumppujen teho ja COP vaihtelevat lämmönlähteen eli ulkolämpötilan mukaan. Yleisesti käytetään seuraavaa merkintätapaa ilmaistaessa lämpöpumppujärjestelmän tehoa: A-7/W+35 10kW. Tässä esimerkissä pumpun

teho on 10 kW, kun lämmönlähteen tyyppi on -7 °C ilma (A = air) ja tuotetaan 35-celsiusasteista vettä (W = water) lämmönjakoon. Myös COP merkitään samalla tavalla, lopussa olevan tehon tilalla on vain COP-luku. Esimerkiksi merkinnässä A- 7/W+35 3,5 järjestelmän hyötysuhde on 3,5.

Ulkoilma-vesilämpöpumppujen vuotuinen lämpökerroin on keskimäärin 2,0. Tämä tarkoittaa sitä, että kompressorin pystyy tekemään 1 kW:n ottoteholla 2 kW lämpötehoa. Vuosihyötysuhteeseen vaikuttaa kuitenkin moni tekijä. Esimerkiksi korkea menoveden lämpötila alentaa hyötysuhdetta. Toisaalta leutoina talvina ulkoilma-vesilämpöpumpun vuotuinen hyötysuhde saattaa yltää maalämpöpumppujen tasolle, koska huipputehon tarve on pienempi. (Motiva Oy 2014g.)

### 3.3 Puskurivaraajat

Lämpöpumppujärjestelmään asennetaan usein puskurivaraaja tai -varaajia. Puskurivaraajien tehtävä on varastoida lämpöpumppujen tuottamaa lämpöenergiaa ja lisätä järjestelmän vesitilavuutta. Puskurivaraaja suositellaan asennettavaksi etenkin pienen lämmitysvesitilavuuden järjestelmiin, esimerkiksi patterilämmityksen yhteyteen. Ilman puskurivaraajia lämmitysjärjestelmässä kiertävä vesi lämpeäisi nopeasti ja pumput lakkaisivat käymästä sen jälkeen. Kun lämpö olisi luovutettu lämmitettäviin tiloihin, käynnistyisivät pumput pian uudelleen. Puskurivaraajien ansiosta vesitilavuus on suurempi ja pumput käyvät yhtäjaksoisesti pidempään. (Pirttikoski 2014.)

Pitkien käyntijaksojen aikana ulkoilma-vesilämpöpumput toimivat paremmalla hyötysuhteella, koska kylmäaineen höyrystymis- ja lauhtumisprosessien vakioituminen kestää muutaman minuutin pumppujen käynnistymisestä. Pumpun yhtäjaksoinen käyminen rasittaa kompressoria vähemmän kuin usein toistuvat käynnistykset (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014c). Tämän takia puskurivaraajat edesauttavat kompressorin pitkää käyttöikää.

Ulkoilma-vesilämpöpumppujärjestelmässä puskurivaraajalla on tärkeä tehtävä myös höyrystinpatterin sulatuksessa. Sulatusjaksojen aikana lämpöpumpun nelitieventtiili kääntää lämmityspiirin suunnan toisinpäin, jolloin se ottaa

sulatukseen tarvittavan lämmön puskurivaraajasta. Mikäli järjestelmässä ei ole puskurivaraajaa, sulatukseen tarvittava lämpö otetaan huoneilmasta tai lattialaatasta. Tällöin rakennuksen sisälämpötila laskee hetkellisesti. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014d.) Kuviossa 4 on esimerkki suuresta 1 500 litran puskurivaraajasta.



KUVIO 4. 1 500 litran puskurivaraaja (Stiebel Eltron Oy 2014, 58)

### 3.4 Kylmäaineet

Lämpöpumpun sisällä kiertävä kylmäaine vaikuttaa oleellisesti lämpöpumppujärjestelmän suorituskykyyn ja lämpökertoimeen (Fränti 2010, 29). Kylmäaineisiin liittyviä rajoituksia on sekä Suomen kansallisessa lainsäädännössä että EU:n direktiiveissä ja asetuksissa. Tämä johtuu siitä, että tietyt kemiallisesti valmistetut kylmäaineet edesauttavat maapallon otsonikehän tuhoutumista ja ilmaston lämpenemistä. (LVI 61-10461 2010, 1.)

Aiemmin kylmälalalla yleisesti käytössä olleet CFC- ja HCFC-kylmäaineet poistuvat vähitellen kokonaan käytöstä. CFC-kylmäaineet sisältävät klooria, fluoria sekä hiiltä ja HCFC-kylmäaineet edellämainittujen lisäksi vetyä. CFC- ja HCFC-kylmäaineet ovat merkittäviä kasvihuonekaasuja sekä otsonikehää heikentäviä aineita, ja niiden käyttö on kielletty niin uusissa laitteissa kuin

laitoksissakin. (LVI 61-10461 2010, 2-3.) Tänä vuonna (2014) on havaittu ensimmäisiä merkkejä ilmakehän otsonikerroksen paksunemisesta. Otsonikerroksen toipumiseen pidetään pääasiallisena syynä otsonikerrosta tuhoavien aineiden, kuten esimerkiksi CFC- ja HCFC-yhdisteiden, käyttörajoituksia ja -kieltoja. Ilmakehän otsonikerros on ohentunut erityisesti napa-alueilla ihmisen toiminnan seurauksena vuosikymmenten aikana. (Laita & Sjöholm 2014.)

HFC- ja PEC-kylmäaineet ovat sallittuja uusissa laitteissa ja laitoksissa, mutta niiden käyttöä on rajoitettu ajoneuvojen kylmälaitteissa. HFC- ja PEC-kylmäaineilla ei ole vaikutusta maapallon otsonikehään, mutta ne ovat merkittäviä kasvihuonekaasuja. GWP-luvulla (Global Warming Potential) ilmaistaan kylmäaineen kasvihuonehaitallisuuden määrää. Vertailulukuna käytetään hiildioksidin haitallisuuslukua, jonka arvo on 1,0. GWP-luvut ilmoitetaan yleensä sadan vuoden ajanjaksolle laskettuna ja asteikko alkaa luvusta 0. (LVI 61-10461 2010, 2 - 3.)

Lämpöpumpuissa suosituimmat kylmäaineet ovat tällä hetkellä R 410 A, R 407 C ja R 134 a. Ne kuuluvat HCF-kylmäaineisiin. Kansainvälisen sopimuksen mukaisesti kylmäaineille on annettu R-numero, joka luokittelee aineet kemiallisen koostumuksen mukaisesti. (Fränti 2010, 29.) R tulee englanninkielisestä kylmäainetta tarkoittavasta sanasta refrigerant.

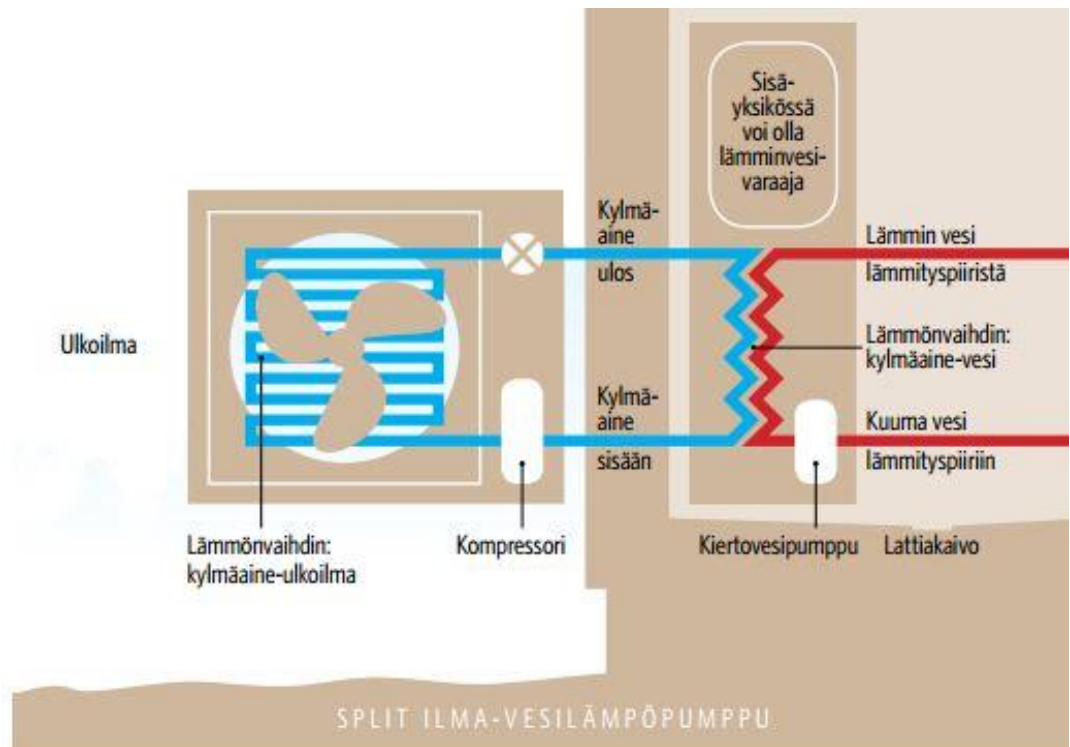
Yksi merkittävä kylmäaineen lämmönsiirto-ominaisuuksiin vaikuttava tekijä on kylmäaineen kriittinen piste. Kriittisen pisteen lämpötilaa ja painetta kutsutaan kriittiseksi lämpötilaksi ja kriittiseksi paineeksi. Kriittisen pisteen lämpötilaa korkeammissa lämpötiloissa kaasua ei saa puristettua enää nesteeksi ja kriittistä painetta korkeammissa paineissa höyrystyminen ei enää vaadi energiaa. Lähestyessä kriittistä pistettä neste- ja kaasufaasin höyrystymislämpö pienenee, kunnes saavutetaan kriittinen piste, jossa höyrystymislämpö on 0. (Hautala & Peltola 2011, 164.) Lämpöpumppujärjestelmässä kylmäaineen täytyy lauhtua kriittisen pisteen alapuolella. Tällöin lauhtumisen seurauksena on faasimuutos kaasusta nesteeksi ja suuri määrä energiaa vapautuu lämmityskäyttöön. (Fränti 2010, 31.)

R 134 a on puhdas aine, kun taas R 410 A ja R 407 C ovat kolmen aineen seoksia. R 134 a:lla on alhainen GWP-luku, 1300. R 410 A:n ja R 407 C:n GWP-luvut ovat melko alhaisia, 1725 ja 1520. Näistä kolmesta kylmäaineesta R 134 a:lla on korkein kriittinen lämpötila, 101 °C. (Hundy & Winanby 2008, 2.) R 134 a:lla on vakaat toiminnalliset ominaisuudet korkeassa lämpötilassa, ja sillä pystytään tuottamaan lämpimämpää vettä lämmityspiiriin ja käyttöveteen kuin R 410 A:lla tai R 407 C:llä. Toisaalta matalissa lämpötiloissa R 134 a:n suoritukyky ei ole niin hyvä. R 410 A ja R 407 C ovat melko samankaltaisia toiminnallisilta ominaisuuksiltaan. (Hundy & Winanby 2008, 2 - 3; Bruggemans 2011, 32.) R 410 A -kylmäaineella on korvattu aikaisemmin yleisesti lämpöpumpuissa käytetty R 22 -kylmäaine, joka kuului HCFC-ryhmään. (LVI 61-10461 2010, 4.)

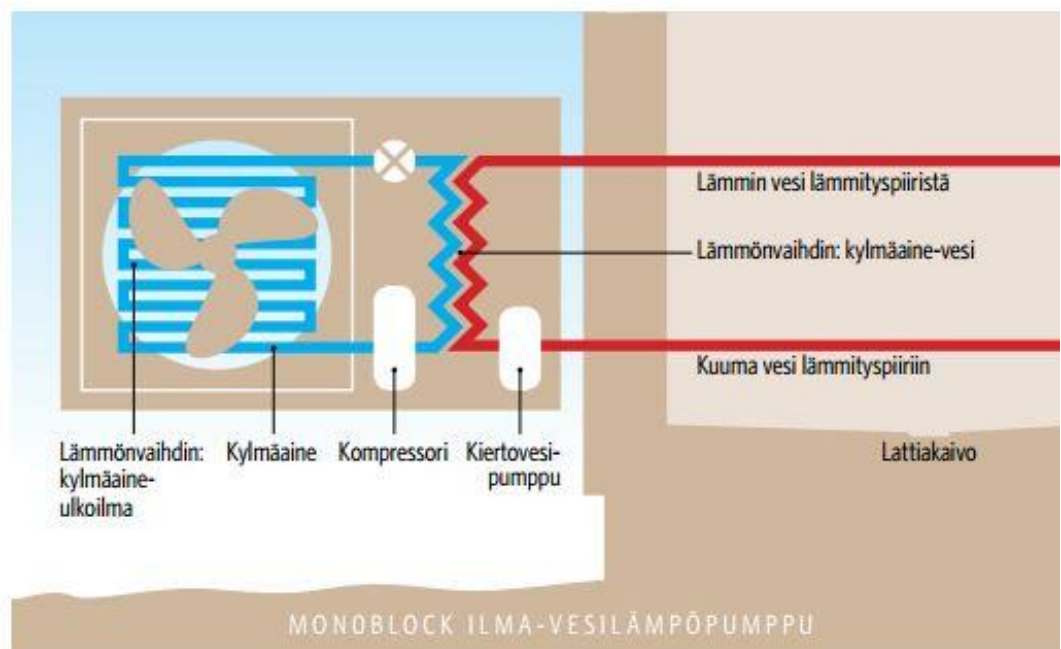
Lämpöpumpuissa käytettävissä kylmäaineissa ollaan vähitellen siirtymässä luonnonmukaisempiin vaihtoehtoihin (Fränti 2010, 31). Tulevaisuuden kylmäaineita tulevat olemaan R 32 eli difluorimetaani, R 290 eli propaani, R 600 a eli isobutaani sekä R 744 eli hiilidioksidi. Difluorimetaanin, propaanin ja isobutaanin haasteena on paloherkkyys. (Linden 2014.) Hiilidioksidin haasteena on aineen muista kylmäaineista poikkeavat ominaisuudet. Hiilidioksidilla on erittäin alhainen kriittinen lämpötila, noin 31 °C, ja korkea kriittinen paine. (LVI 61-10461 2010, 5-6.)

### 3.5 Ulkoilma-vesilämpöpumppujen tyypit

Ulkoilma-vesilämpöpumput voidaan jakaa kahteen päätyyppiin: Split- ja Monoblock-laitteisiin. Split-laitteessa pumppu on jaettu ulko- ja sisäyksikköön, joiden välissä kylmäaine kiertää. Kuviossa 5 on esitetty Split-laitteen toimintaperiaate. Monoblock-laitteessa kaikki pumpputekniikkaan liittyvät osat ovat ulkoyksikössä, kuten kuviossa 6 näkyy. Ulkoyksikön ja talon sisätiloissa olevan varaajan välissä kiertää ainoastaan vesi. Saneerauskohteissa monoblock-malliset laitteet voidaan kytkeä suoraan olemassa olevaan lämmitysjärjestelmään, esimerkiksi öljykattilan rinnalle. Molemmissa laitetyypeissä yksiköiden välillä olevat putket täytyy eristää huolellisesti ja pinnoittaa säätäkestäviksi. (Energiatehokas koti 2014.)



KUVIO 5. Split-mallinen ulkoilma-vesilämpöpumppu (Motiva Oy 2014d)



KUVIO 6. Monoblock-mallinen ulkoilma-vesilämpöpumppu (Motiva Oy 2014d)

Markkinoilla on myös kokonaan sisälle asennettavia ulkoilma-vesilämpöpumppuja. Tällaisissa malleissa seinään tai kattoon tehdään ilmankierrätysaukot ja lämpöpumpputekniikka varaajineen sijoitetaan sisätiloihin. Inverter-malleissa laitteen tuottamaa lämmitystehoa säädellään kompressorin kierroslukua ohjaamalla. Kierroslukuohjauksen avulla lämpöpumppu pystyy tuottamaan juuri oikean määrän lämpöä rakennukseen. Joillakin ulkoilma-vesilämpöpumppumalleilla voidaan kesäaikaan myös viilentää huoneilmaa. (Energiatehokas koti 2014.)

### 3.6 Edut ja haitat

Ulkoilma-vesilämpöpumpun etuna maalämpöön verrattuna on matalampi investointikustannus. Maalämpö vaatii toimiakseen aina erillisen lämpökaivon tai maakeruupiirin, mikä lisää kustannuksia. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2014, 52.) Keruupiirin takia maalämpöjärjestelmää varten on haettava kunnan tai kaupungin tekniseltä toimelta toimenpidelupa. Toimenpidelupa koskee saneeraukohteita, sillä uudiskohteissa lämmitysjärjestelmä ratkaistaan rakennusluvan yhteydessä. Ulkoilma-vesilämpöpumppu ei vaadi muita lupia kuin asennusliikkeen luvat. (Weckström 2014.) Jos talon lämmitykseen kuluu 25 000 kWh sähköä vuodessa tai 3 000 litraa öljyä vuodessa, tyypillinen ulkoilma-vesilämpöpumpun investointikustannus asennuksineen vaihtelee 8 000 ja 12 000 €:n välillä. Samanlaisen kohteen maalämpöpumpun investointikustannus asennuksineen vaihtelee 14 000 ja 20 000 €:n välillä. (Hirvonen 2014.) Ulkoilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa sellaisiinkin kohteisiin, joihin maalämpö ei sovellu esimerkiksi maaperän ominaisuuksien takia. Ulkoilma-vesilämpöpumppu on helppo asentaa, ja sitä voidaan hyödyntää myös olemassa olevan lämmitysjärjestelmän täydentämiseen. (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry 2014, 52.)

Ulkoilma-vesilämpöpumpun haasteena on vaikea tekniikka sekä tehon ja hyötysuhteen vaihtelu ulkolämpötilan mukaan. Ulkolämpötilan laskiessa kylmäaineen höyrystyminen ulkoyksikön höyrystipatterissa hidastuu, jolloin pumpun teho laskee (Weckström 2011, 35). Noin -20 °C:ssa laitteesta riippuen pumppu sammuttaa itse itsensä. Markkinoilla tosin on myös ratkaisuja, joilla



pääsee alempiinkin lämpötiloihin. Lämpöpumpun lämpökerroin on huonompi, mitä suuremman lämpötilaeron se joutuu kompressorilla tuottamaan (Weckström 2014, 33). Hyötysuhde laskee myös höyrystinpatterin sulatusjaksojen takia. Höyrystinpatterin pinnalle kertyy huurretta puhaltimen jäähdyttäessä ilmaa. Huurre haittaa lämmön siirtymistä, joten se on poistettava sulattamalla. Pohjoismaihin suunnitelluissa ulkoilma-vesilämpöpumpuissa on aina automaattinen sulatustoiminto. Koska lämmitysteho ja hyötysuhde laskevat juuri silloin, kun lämmitystarve on suurimmillaan, ulkoilma-vesilämpöpumppu tarvitsee aina rinnalleen täydelle teholle mitoitetun toisen lämmitysjärjestelmän, esimerkiksi varaajiin sijoitetut sähkövastukset tai öljylämmityksen. (Motiva Oy 2014f.)

### 3.7 Soveltuvuus

Ulkoilma-vesilämpöpumppu voidaan asentaa niin uudistaloon kuin saneerauskohteeseenkin. Saneerauskohteissa ulkoilma-vesilämpöpumppu soveltuu myös vanhan lämmitysjärjestelmän rinnalle. Esimerkiksi öljylämmitystaloissa öljykattila voidaan jättää ulkoilma-vesilämpöpumpun tueksi. Ulkolämpötilan ollessa -10 ja -20 °C:n välillä öljylämmitys tukee lämpöpumppua, ja alle -20 °C:n pakkasilla se lämmittää täystehoisesti taloa. Uudiskohteissa varaajiin asennetaan tyypillisesti sähkövastukset, jotka huolehtivat lämmityksestä pakkasjaksoilla. (Motiva Oy 2014e.)

Ulkoilma-vesilämpöpumppu toimii parhaalla hyötysuhteella matalalämpöisen lämmönjakojärjestelmän yhteydessä, minkä takia lattialämmitys on patteriverkostoa parempi vaihtoehto. Lattialämmityksen menoveden lämpötila on matalampi kuin patteriverkoston menoveden lämpötila. Lämmityksen huipputehon aikana patteriverkoston menevän veden lähtölämpötila on noin +55 °C ja lattialämmitykseen menevän veden lähtölämpötila noin +35 °C. Ulkoilma-vesilämpöpumpun kompressorilla voidaan tuottaa lämmitys- ja käyttövesi laitteesta riippuen noin +50 °C:seen saakka. Ylimenevä osuus on tuotettava muulla lämmitysmuodolla. Tämä laskee järjestelmän hyötysuhdetta. Käyttöveden mitoituslämpötila on tyypillisesti noin +55 °C. Tämän takia ulkoilma-

vesilämpöpumppu soveltuu paremmin kohteisiin, joissa käyttöveden kulutus on vähäinen. (Motiva Oy 2014d.)

Maantieteellisesti tarkastellen Etelä- ja Lounais-Suomi soveltuvat ulkoilma-vesilämpöpumpuille paremmin kuin Pohjois-Suomi. Lämmitystarve on pohjoisessa suurempi ja ulkoilma-vesilämpöpumppujen hyötysuhde on verrannollinen ulkoilman lämpötilaan. (Motiva 2014f.)

### 3.8 Mitoitus

Ulkoilma-vesilämpöpumppujen tehomitoitus perustuu tavallisesti rakennuksen vuotuisen energiankulutukseen sekä lämmityksen ja käyttöveden huipputehontarpeeseen. Mitoitusvaiheessa täytyy huomioida, että ulkoilma-vesilämpöpumppujen kompressorin pystyy tuottamaan korkeintaan noin +50-celsiusasteista vettä laitteesta riippuen. Jos saneerauskohteissa esimerkiksi patteriverkoston menoveden lämpötila kovilla pakkasilla edellyttää korkeampaa lämpötilatasoa, täytyy lopputasonnosto hoitaa muulla lämmöntuottajalla. (Motiva Oy 2014d.)

Mikäli ulkoilma-vesilämpöpumppu on kohteeseen teholtaan liian pieni, voi sähkövastuksen osuus vuotuisessa käytössä nousta tarpeettoman suureksi, vaikka itse pumpun hyötysuhde olisikin korkea. Tämä johtuu siitä, että pienitehoisen ulkoilma-vesilämpöpumpun tuottama lämpö ei riitä lämmittämään taloa, jolloin joudutaan turvautumaan toiseen lämmöntuottajaan. Mitoituksessa täytyy ottaa huomioon pumpun lämmitystehon lasku kovilla pakkasilla. (Weckström 2014, 33.)

### 3.9 Stiebel Eltron -ulkoilma-vesilämpöpumput

Stiebel Eltronin Suomessa edustetut ulkoilma-vesilämpöpumput ovat joko ulko- tai sisäasennettavia. Kaikissa Suomeen asennetuissa ulkoilma-vesilämpöpumpuissa käytetään kylmäainetta R 407 C ja pumput sammuttavat itse itsensä ulkoilman alittaessa -20 °C. Ulkoilma-vesilämpöpumppujen sisälle on integroitu sähköinen, kolmiportainen 8,8 kW:n varalämpövastus, joka kytkeytyy

päälle automaattisesti mitoituspisteen alittuessa. Stiebel Eltron käyttää markkinoinnissa ja tuote-esitteissä EN 14511 -standardin COP-arvoja ja tehoja. Kaikkiin ulkoilma-vesilämpöpumpputähtäinjärjestelmiin suositellaan liitettäväksi puskurivaraaja tai -varaajia. (Bielefeld 2014.)

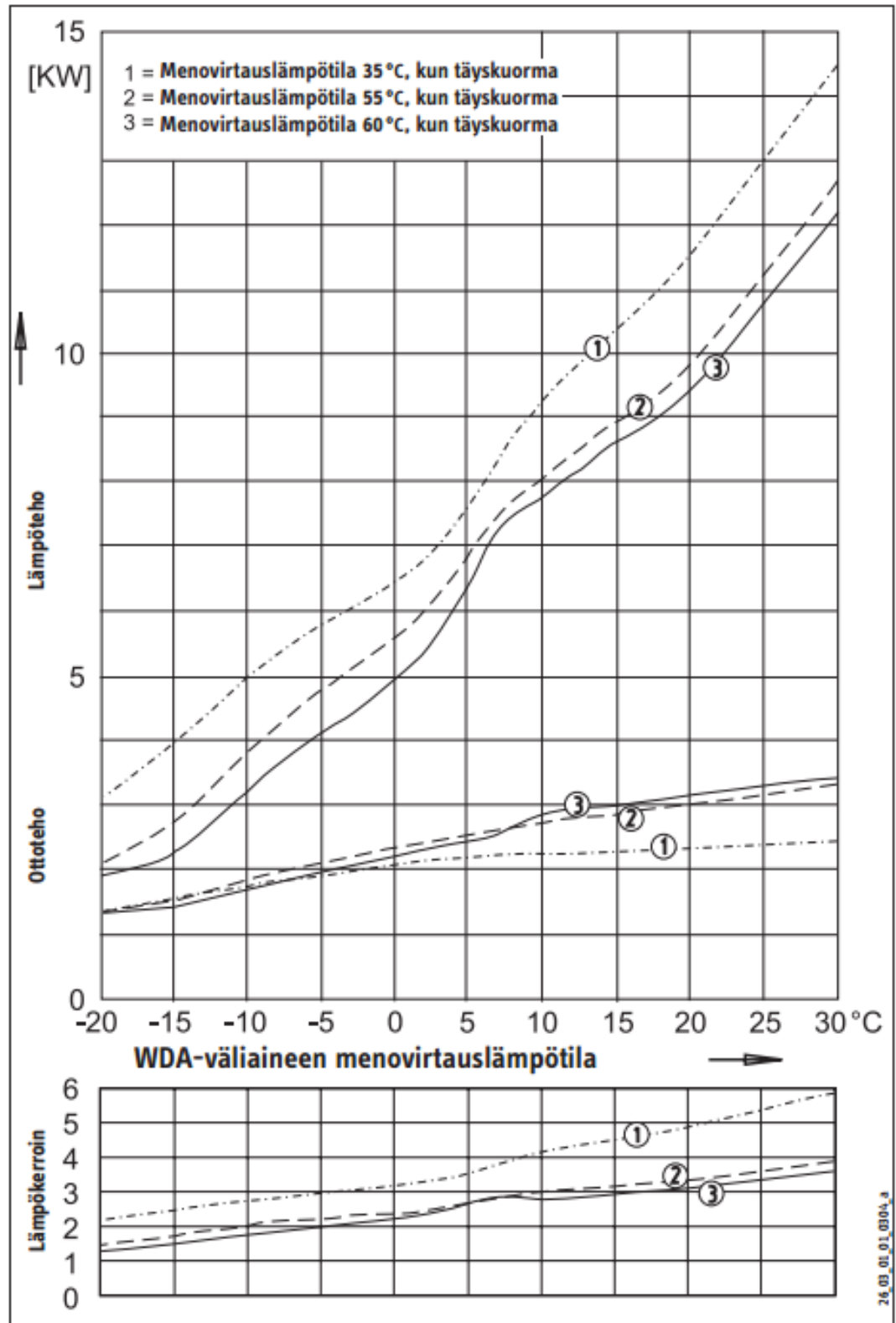
Stiebel Eltronin ulkoilma-vesilämpöpumpuissa on automaattinen sulatustoiminto, joka kytkeytyy päälle ulkoilman alittaessa +7 °C. Sulatusvaiheessa tuuletin kytkeytyy pois päältä ja lämpöpumpputähtäin virtaussuunta vaihtuu. Sulatukseen tarvittava lämpö on peräisin puskurivaraajasta. Huurre sulaa höyrystimen pinnalta ja vesi valuu sulatusammeeseen, joka lämpeää alijäähtyneellä ilmaisenergialla. Vesi johdetaan pois letkun avulla. Sulatusvaiheen lopussa lämpöpumppu kytkeytyy automaattisesti takaisin lämmityskäyttöön. (Bielefeld 2014.)

### 3.9.1 WPL 10 AC, WPL 10 A, WPL 10 I ja WPL 10 IK

WPL 10 AC on suunniteltu erityisesti uudisrakennuksiin, rivitaloihin ja muihin ahtaisiin paikkoihin vähäisen tilantarpeen ansiosta. Ulkoilma-vesilämpöpumppu on Monoblock-tyyppinen, eli kaikki lämpöpumppuun liittyvä tekniikka asennetaan ulos. WPL 10 AC soveltuu tilojen lämmitykseen ja viilennykseen. Pumpun lämmityksen menovirtauslämpötila on enintään +60 °C. WPL 10 AC -pumpun lämpöteho pisteessä A7/W35 on 7,7 kW ja pisteessä A-7/W35 4,7 kW. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014f.)

WPL 10 A-, WPL 10 I- ja WPL 10 IK -mallit on suunniteltu pientalojen lämmitykseen. Mallit sopivat niin uusiin rakennuksiin kuin saneerauskohteisiinkin aina noin 150 m<sup>2</sup>:iin asti. Järjestelmä voi kuumentaa lämmitysveden +60 °C lämpötilaan. WPL 10 A on ulkoasennusmalli, WPL 10 I ja WPL 10 IK ovat sisäasennettavia. WPL 10 I ja -IK -perusmalleissa ovat liitännät ilmaletkuja varten. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014e.)

WPL 10 IK on kokonaisvarusteltu pumppu ilmaletkuja ja kiinnitystarvikkeita myöten. Malliin on integroitu pumpun ohjausautomaatiikka. Lisäksi malliin on integroitu kiertovesipumppu, paisunta-astia ja kolmitieventtiili. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014e.) Kuviosta 7 selviää WPL 10 A-, WPL 10 I- ja WPL 10 IK -mallien ottotehot, lämpötehot ja lämpökertoimet eri ulkolämpötiloissa.



KUVIO 7. WPL A, I ja IK -mallien ottotehot, lämpötehot ja lämpökertoimet ulkolämpötilan funktiona (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014e)

### 3.9.2 WPL 13-23 E ja WPL 13-23 cool

WPL E- ja WPL cool -sarjojen ulkoilma-vesilämpöpumput soveltuvat keskisuuriin uudisrakennuksiin ja saneerauskohteisiin. Molempia sarjoja on kolmessa eri teholuokassa. WPL cool -mallin pumput soveltuvat lämmityksen lisäksi myös viilennykseen. Viilennys suoritetaan lämpöpumppupiirin suunnanvaihdoilla. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014g.)

WPL E- ja WPL cool -sarjojen pumput voidaan asentaa kokonaisuudessaan ulos tai sisään. Sisäasennukseen tarvitaan kuitenkin erillinen ilmanohjausyksikkö WPIC. WPIC-yksikkö sisältää ilmanohjausletkut ja muut tarvittavat komponentit sisäasennusta varten. WPL E- ja WPL cool -sarjojen pumppujen lämmityksen menovirtauslämpötila on enintään +60 °C. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014g.) Taulukkoon 1 on merkitty WPL E- ja WPL cool -sarjojen lämpötehot ja hyötysuhteet eri ulkolämpötiloissa.

TAULUKKO 1. WPL 13-23 E- ja WPL 13-23 cool -sarjojen lämpötehot ja hyötysuhteet ulkolämpötiloissa -7 °C, +2 °C, +7 °C ja +10 °C

	WPL 13 E	WPL 18 E	WPL 23 E	WPL 13 cool	WPL 18 cool	WPL 23 cool
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A-7/W35	6,77 ja 3,20	9,72 ja 3,27	13,21 ja 3,14	6,60 ja 3,00	9,60 ja 3,20	13,00 ja 3,10
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A2/W35	8,09 ja 3,76	11,30 ja 3,73	15,73 ja 3,62	8,10 ja 3,38	11,28 ja 3,72	14,82 ja 3,50
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A7/W35	8,93 ja 4,35	12,90 ja 4,46	16,56 ja 3,99	9,01 ja 3,99	12,30 ja 4,29	15,31 ja 3,77
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A10/W35	9,50 ja 4,50	13,40 ja 4,60	18,50 ja 4,40	9,50 ja 4,10	13,30 ja 4,60	17,80 ja 4,20

### 3.9.3 WPL 34-57

WPL 34-, WPL 47- ja WPL 57 -ulkoilma-vesilämpöpumput ovat Monoblock-malleja eli soveltuvat ulkoasennukseen. Mallit on suunniteltu tehovaatimuksiltaan suuriin kiinteistöihin. Peräkkäis- eli kaskadikytkennällä kapasiteettia voidaan nostaa jopa noin 170 kW:iin saakka. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014h.)

Lämpöpumpppujen lämmityksen menovirtauslämpötila on enintään +60 °C.

WPL 34–57 -mallit vaativat häiriöttömän toiminnan takaamiseksi puskurivaraajan

tai -varaajat. (Stiebel Eltron GmbH & Co. KG 2014h.) Taulukkoon 2 on merkitty WPL 34–57 -mallien lämpötehot ja hyötysuhteet eri ulkolämpötiloissa.

TAULUKKO 2. WPL 34–57 -mallien lämpötehot ja hyötysuhteet ulkolämpötiloissa -7 °C, +2 °C, +7 °C ja +10 °C

	WPL 34	WPL 47	WPL 57
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A-7/W35	15,50 ja 2,7	22,10 ja 3,10	23,90 ja 2,7
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A2/W35	19,23 ja 3,29	26,46 ja 3,53	29,92 ja 3,28
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A7/W35	21,66 ja 3,91	27,12 ja 3,84	29,87 ja 3,41
Lämpöteho (kW) ja COP, kun A10/W35	23,40 ja 4,20	30,50 ja 4,30	33,60 ja 3,80

#### 4 PUUTARHATUOTANTO SUOMESSA

Vuonna 2013 puutarhatuotteita viljeli myyntiin 3 859 yritystä Suomessa. Avomaaviljelyyn keskittyneitä yrityksiä oli 2 995 ja kasvihuoneviljelyyn keskittyneitä yrityksiä 1 325. Vuonna 2013 kasvihuonepinta-alaa oli Suomessa 329 hehtaaria. Vaikka vuosien varrella kasvihuoneyritysten määrä on vähentynyt, tuotantomäärät ja -pinta-alat ovat kasvaneet. (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2014, 2-3.) Kasvihuoneviljelyyn keskittyneiden yritysten lukumäärän sekä kasvihuonepinta-alan kehitys viimeisen kymmenen vuoden aikana näkyy kuviossa 8.



KUVIO 8. Kasvihuoneviljelmien lukumäärä ja keskikoko vuosina 2003–2013

Avomaalla viljellään pääasiassa vihanneksia ja hedelmiä. Kasvihuoneissa suosituimmat tuotekokonaisuudet ovat koristekasvit ja vihannekset.

Puutarhatuotannon osuus koko Suomen käytössä olevasta maatalousmaasta on noin 1 %. (Maa- ja metsätalousministeriön tietopalvelukeskus 2014, 3.)

Avomaan vihanneksia viljellään eniten Varsinais-Suomessa, Satakunnassa, Uudellamaalla, Savossa, Hämeessä ja Pohjanmaalla. Marjojen viljely on keskittynyt Itä-Suomeen. Omenia tuotetaan eniten Ahvenanmaalla ja Lounais-



Suomessa. Kasvihuonevihannesten viljelyalasta miltei puolet sijaitsee Pohjanmaalla. Koristekasvien viljely jakautuu tasaisemmin koko maahan. (Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto 2014.) Suomen Kauppapuutarhaliiton toiminnanjohtajan Jyrki Jalkasen (2014) mukaan noin 75 % Suomen kasvihuonepuutarhoista on kausiviljelyssä ja 25 % toiminassa ympäri vuoden.

## 5 KÄRÄJÄMIEHEN PUUTARHA

Käräjämiehen Puutarha sijaitsee Ristiinassa, Närhilän kylässä, Mikkelin kaupungissa. Ritva ja Tenho Käräjämies perustivat yrityksen vuonna 1967 puutarhakoulusta päästyään. Vuoteen 1995 asti yritys toimi pienimuotoisena karjatilana, jonka ohella harjoitettiin puutarhanviljelyä. Vuonna 1992 Käräjämiehen puutarha vuokrasi lakkautetun Emäntäkoulun kasvihuoneeksi ja myyntipaikaksi. Keskeisen myyntipaikan ansiosta puutarhatoiminta laajeni ja seuraavana vuonna valmistui ensimmäinen 500 m<sup>2</sup>:n lämmitettävä kasvihuone Ristiinan Närhilään. Kaksi muuta lämmitettävää kasvihuonetta valmistuivat vuosina 1998 ja 2004. Nämä kasvihuoneet ovat kooltaan 400 m<sup>2</sup> ja 1 500 m<sup>2</sup>. Kuviossa 9 on viimeisenä valmistunut, pinta-alaltaan suurin kasvihuone. Lisäksi yrityksellä on useita lämmittämättömiä kasvihuoneita. Viljelypinta-alaa on yhteensä nykyään 3 000 m<sup>2</sup>. Vuonna 1999 yritykseen johtoon astuivat Ritva ja Tenho Käräjämiehen lapset Sini ja Vesa Käräjämies. (Käräjämiehen Puutarha 2014b.)



KUVIO 9. Vuonna 2004 valmistunut kolmas kasvihuone

Puutarhan toiminta alkaa tammikuussa, jolloin tehdään siementen tilaukset ja muut kirjalliset työt sekä valmistellaan kasvihuoneet viljelyä varten. Helmikuussa alkavat kylvötyöt, jotka jatkuvat pitkin kevättä. Myyntiaika alkaa toukokuun alussa. Sesonkiaikaan kasvien kastelussa, hoitotöissä ja pakkaamisessa riittää työtä kokopäiväisesti noin 10 ulkopuoliselle työntekijälle. Kukkien viljely ja myynti jatkuu lokakuulle asti. Lokakuun jälkeen kasvihuoneet siivotaan ja valmistellaan talvikuntoon. Puutarhakausi kestää lumen tuloon asti. (Käräjämiehen Puutarha 2014b.)

Käräjämiehen Puutarhalla viljellään erilaisia amppeleita, ruukku- ja ryhmäkasveja sekä vihannesten ja yrttien taimia. Vuonna 2000 valikoimaan tulivat myös perannat ja seuraavana vuonna erilaiset puut ja pensaat. Tuotteita myydään kasvihuoneilla, toreilla ja Mikkelin talousalueen kaupoissa. Tuotteiden viljelyn ja myynnin lisäksi Käräjämiehen Puutarha tekee pihatöitä, kuten puiden ja pensaiden leikkauksia, viherrakennustöitä sekä laatoituksia ja kivetyksiä. (Käräjämiehen Puutarha 2014a.)

## 5.1 Lämmitysjärjestelmän kuvaus

Käräjämiehen Puutarhan kolme kasvihuonetta ovat toiminnassa maaliskuun alusta lokakuun puoliväliin. Muun ajan kasvihuoneet ovat lämmittämättömiä ja pois käytöstä. Ennen lämmitysjärjestelmäsaneerausta kasvihuoneet lämpesivät öljyllä. Öljyä kului noin 20 000 litraa vuodessa. Lämmönjakojärjestelmänä kasvihuoneilla toimivat puhallinkonvektorit, kuten kuviosta 10 näkyy. (Käräjä mies 2014.)



KUVIO 10. Puhallinkonvektori Käräjämiehen Puutarhalla

Huhtikuun alussa vuonna 2012 Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneisiin asennettiin kaksi Stiebel Eltronin WPL 57 -mallista ulkoilma-vesilämpöpumppua (kuvio 11) sekä kaksi 1 500 litran puskurivaraajaa. Vanha öljykattila jäi toiseksi lämmöntuottajaksi. Järjestelmän kytkentäkuva on liitteenä (liite 1).

Käyttövesivaraajaa ei asennettu, sillä puutarhalla ei tarvita lämmintä käyttövettä. Investoinnin kustannus ilman energia-avustusta oli noin 70 000 €. (Käräjämies 2014.)

Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneiden lämpötilaa pidetään nykyään +17 °C:n yläpuolella. Kesäkuukausina lämmitys ei ole ollenkaan päällä. Puutarhan omistajan Vesa Käräjämiehen (2014) mukaan ulkoilma-vesilämpöpumppujen aikana kasvihuoneiden lämpötiloja on pidetty noin 2 °C korkeampana kuin öljylämmityksen aikana.



KUVIO 11. Stiebel Eltronin ulkoilma-vesilämpöpumput Käräjämiehen Puutarhalla

## 5.2 Lämmitystarveluvut

Tämän työn laskuissa käytetään lämmitystarvelukua (entinen astepäiväluku). Lämmitystarvelukujen avulla normeerataan toteutuneita lämmitysenergian kulutuksia, jotta voidaan verrata toisiinsa saman rakennuksen eri kuukausien tai vuosien kulutuksia ja eri kunnissa olevien rakennusten ominaiskulutuksia. Lämmitystarveluvun käyttö rakennuksen lämmitystarpeen arvioinnissa perustuu siihen, että rakennuksen energiankulutus on lähes verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilaan. Lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen kunkin kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. (Ilmatieteenlaitos 2014.)

Tässä työssä käytetään lämmitystarvelukua, joka lasketaan  $+17\text{ °C}$ :ksi oletetun sisälämpötilan ja ulkolämpötilan vuorokausikeskiarvon erotuksen perusteella. Rakennuksen lämmitysenergiantarvetta pienentävät erilaiset rakennuksen sisäiset lämmönlähteet, kuten valaistus ja elektroniikka. Sisäisten lämmönlähteiden oletetaan kattavan laskennallisen sisälämpötilan  $+17\text{ °C}$  ja todellisen sisälämpötilan noin  $21\text{ °C}$  eron. Lämmitystarveluvun yksikkö on  $\text{°Cvrk}$ .

Vertailuarvona eli normaalivuoden lämmitystarvelukuna käytetään vuosien 1981–2010 keskimääräistä lämmitystarvelukua. (Ilmatieteenlaitos 2014.) Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneiden sisälämpötila on noin +17 °C. Sisäisiä lämmönlähteitä syntyy lähinnä valaistuksesta.

Lämmitystarveluvun laskennassa ei oteta huomioon päiviä, joiden keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. Laskentatavassa siis oletetaan, että kiinteistöjen lämmitys lopetetaan ja aloitetaan päivittäin ulkolämpötilan ylittäessä tai alittaessa mainitut rajat. (Ilmatieteenlaitos 2014.) Käräjämiehen Puutarhalla lämmitys on otettu pois käytöstä ilmojen lämmitessä kesäkuussa ja laitettu taas päälle syksyllä ilmojen viiletessä.

### 5.3 Toteutunut vuosihyötysuhde

Stiebel Eltronin lämpöpumppujen automatiikka mittaa automaattisesti tuotetun lämmitysenergian määrän ja kulutetun sähkömäärän. Vierailu Käräjämiehen Puutarhalla ja mittarien luenta tapahtui 23.9.2014. Energiamittaus on ollut käytössä ulkoilma-vesilämpöpumppujen käynnistyksestä lähtien huhtikuusta 2012. Lukemat on koottu taulukkoon 3.

TAULUKKO 3. Energiamittauslukemat 23.9.2014

	Lämpöpumppu 1	Lämpöpumppu 2	Yhteensä
Tuotettu energia lämmitykseen (MWh)	117,6	116,5	234,1
Kompressorin käyttämä sähköenergia (MWh)	40,82	40,41	81,23

Toteutuneen vuosihyötysuhteen laskenta perustuu kaavaan 1, jossa tuotettu lämmitysenergiämäärä jaetaan kulutetulla sähköenergiämäärällä.

$$\text{Vuosihyötysuhde} = \frac{\text{tuotettu lämmitysenergia}}{\text{kulutettu sähköenergia}}$$

KAAVA 1

$$Vuosihyötysuhde = \frac{234,1}{81,23} = 2,8819 \approx 2,9$$

#### 5.4 Normitettu vuosikulutus

Tässä luvussa selvitetään laskennallisesti, paljonko Käräjämiehen Puutarhalla vuodessa tuotetaan lämmitysenergiaa ja kulutetaan sähköenergiaa.

Vuosienergiämääriä tarvitaan myöhemmassä vaiheessa, kun lasketaan takaisinmaksuaikaa ja säästöjä. Ennen vuosienergiämäärien laskentaa energiamäärät normeerataan vertailukauden 1981–2010 tasolle.

Kasvihuoneiden lämmitysenergiämäärät normeerataan lämmitystarvelukujen avulla, koska rakennusten lämmitystarpeeseen vaikuttaa vuosittain vaihteleva sää. Normeerauksen avulla kulutettu sähkö ja tuotettu lämpö suhteutetaan normaaliin ajanjaksoon vertailukaudella 1981–2010. Ristiinassa käytetään Lappeenrannan lämmitystarvelukuja. Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981–2010 sekä vuosina 2012, 2013 ja 2014 ovat liitteenä (liite 2 ja liite 3). Energiämäärien normeeraus perustuu kaavaan 2.

$$Q_{\text{norm}} = \frac{SN_{\text{vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \times Q_{\text{tot}}, \text{ missä} \quad \text{KAAVA 2}$$

$Q_{\text{norm}}$  = rakennuksen normitettu lämmitysenergian kulutus

$SN_{\text{vpkunta}}$  = normaalin lämmityskauden (1981–2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$  = lämmityskauden toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$Q_{\text{tot}}$  = rakennuksen tilojen toteutunut lämmitysenergiankulutus

Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneiden ulkoilma-vesilämpöpumppujen energialukemat ovat ajalta 1.4.2012 - 23.9.2014. Tämän ajanjakson vertailukauden lämmitystarveluvut ( $SN_{\text{vpkunta}}$ ) sekä vuosien 2012, 2013 ja 2014 Lappeenrannan lämmitystarveluvut ( $S_{\text{toteutunut vpkunta}}$ ) on laskettu taulukkoon 4. Koska kasvihuoneet ovat kokonaan suljettuja ja siten lämmittämättömiä lokakuun

puolivälistä helmikuun loppuun, jätetään nämä kuukaudet huomioimatta laskelmissa.

TAULUKKO 4. Lämmitystarveluvut vertailukaudella sekä vuosina 2012, 2013 ja 2014 kasvihuoneiden toiminta-aikana

Vertailukauden lämmitystarveluvut kasvihuoneiden lämmityskaudella ajalta 1.4.2012-23.9.2014									
	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Yhteensä
2012		403	165	22	5	28	184	193	1000
2013	621	403	165	22	5	28	184	193	1621
2014	621	403	165	22	5	28	138		1382
									<b>4003</b>
Toteutuneet lämmitystarveluvut kasvihuoneiden lämmityskaudella ajalta 1.4.2012-23.9.2014									
	Maaliskuu	Huhtikuu	Toukokuu	Kesäkuu	Heinäkuu	Elokuu	Syyskuu	Lokakuu	Yhteensä
2012		422	121	15	0	37	154	193	942
2013	770	433	64	0	0	0	96	175	1538
2014	503	340	197	35	0	13	116		1204
									<b>3683</b>

$$Q_{\text{norm}} (\text{lämmitysenergia}) = \frac{4003}{3683} \times 234,1 \text{ MWh} = 254,4 \text{ MWh}$$

$$Q_{\text{norm}} (\text{sähköenergia}) = \frac{4003}{3683} \times 81,23 \text{ MWh} = 88,3 \text{ MWh}$$

Kasvihuoneet avataan maaliskuun alussa ja suljetaan lokakuun puolivälissä.

Ulkoilma-vesilämpöpumput ovat tänä aikana käytössä keväällä ja syksyllä ilmojen lämpötilojen mukaan. Asennusvuonna 2012 lämpöpumput käynnistettiin huhtikuun alussa ja tänä vuonna (2014) lämmityskausi on vielä kesken.

Kulutettu sähköenergia ja tuotettu lämmitysenergia on nyt normitettu vertailukauden normaalille tasolle. Normitetut luvut suhteutetaan lämmitystarvelukujen avulla, jotta saadaan selville vuosittain tuotettu lämmitysenergia ja käytetty sähkömäärä. Laskuissa on käytetty vertailukauden



1981–2010 lämmitystarvelukuja. Vuosittain tuotetun lämmitysenergiamäärän sekä kulutetun sähkömäärän laskenta perustuu kaavaan 3.

$$Q_{\text{vuosi}} = \frac{SN_{\text{vpkunta vuosi}}}{SN_{\text{vpkunta koko ajanjakso}}} \times Q_{\text{tot}}, \text{ missä} \quad \text{KAAVA 3}$$

$Q_{\text{vuosi}}$  = rakennuksen lämmitysenergian kulutus vuodessa

$SN_{\text{vpkunta vuosi}}$  = normaalin lämmitysvuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla

$SN_{\text{vpkunta koko ajanjakso}}$  = ajanjakson 1.4.2012 – 23.9.2014 lämmitystarveluku

$Q_{\text{tot}}$  = rakennuksen toteutunut lämmitysenergiankulutus ajanjaksona 1.4.2012–23.9.2014

$$Q_{\text{vuosi}} (\text{lämmitysenergia}) = \frac{1621}{4003} \times 254,4 \text{ MWh} = 103,0 \text{ MWh}$$

$$Q_{\text{vuosi}} (\text{sähkömäärä}) = \frac{1621}{4003} \times 88,3 \text{ MWh} = 35,6 \text{ MWh}$$

Sääoloiltaan tyypillisenä vuotena ulkoilma-vesilämpöpumput tuottavat lämmitysenergiaa Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneille yhteensä 103,0 MWh:a ja tämän lämmitysmäärän tuottamiseen käytetään 35,6 MWh:a sähköä.

Vuosihyötysuhde on 2,9. Taulukkoon 5 on koottu Käräjämiehen Puutarhan ulkoilma-vesilämpöpumpuilla vuosittain tuotettu lämpömäärä, kulutettu sähkömäärä sekä pumppujen vuosihyötysuhde.

TAULUKKO 5. Ulkoilma-vesilämpöpumppujen vuosittaiset normeeratut lämpö- ja sähkömäärät sekä vuosihyötysuhde

	Lämpöpumput 1 ja 2 yhteensä
Vuosittain tuotettu lämpömäärä (MWh)	103,0
Vuosittain kulutettu sähkömäärä (MWh)	35,6
Vuosihyötysuhde	2,9

Toisena lämmöntuottajana kasvihuoneilla toimii öljy. Vesa Käräjämiehen (2014) mukaan kasvihuoneiden öljynkulutus vuodessa on noin 8 000 - 9 000 litraa ulkoilma-vesilämpöpumppujen asennuksen jälkeen. Tämän työn laskelmissa käytetään lukua 8 500 l/vuosi.

## 5.5 Rahalliset säästöt

Ulkoilma-vesilämpöpumppujen ja puskurivaraajien investointikustannus ilman energia-avustuksia oli noin 70 000 €. Öljyä kului vanhan lämmitysjärjestelmän aikana noin 20 000 l/vuosi. Polttoöljyn energiasisältö on Öljyalan Keskusliiton (2014) mukaan 10 kWh/litra ja arvioitu öljykattilan hyötysuhde noin 80 %. Vattenfallin (2013) mukaan öljypolttimen keskimääräinen sähkönkulutus vuodessa on 200 - 500 kWh. Laskuissa käytetään lukua 200 kWh, koska kasvihuoneet ovat osan vuodesta lämmittämättömiä.

Nykyisellä lämmitysjärjestelmällä öljyä kuluu noin 8 500 l/vuosi ja sähköä 35,6 MWh/vuosi. Taulukkoon 6 on koottu lämmityskustannukset vuodessa vanhalla ja uudella lämmitysjärjestelmällä. Laskelmissa käytetyt energian hinnat ovat liitteenä (liite 3).

TAULUKKO 6. Lämmityskustannukset vuodessa vanhalla ja uudella lämmitysjärjestelmällä

	Vanha lämmitysjärjestelmä, öljynkulutus 20 000 l/vuosi + öljypolttimen sähkönkulutus 200 kWh/vuosi	Uusi lämmitysjärjestelmä, ulkoilma-vesilämpöpumppujen sähkönkulutus 35 600 kWh/vuosi + öljynkulutus 8 500 l/vuosi
Öljy (1,15 €/l)	23 000 €	9 775 €
Sähkö (0,13 €/kWh)	26 €	4 628 €
Yhteensä	23 026 €	14 403 €

Vuodessa säästöä kertyy noin 8 600 €. Vuotuiset lämmityskustannukset nykyisellä lämmitysjärjestelmällä ovat noin 38 % alhaisemmat kuin vanhalla lämmitysjärjestelmällä. Vesa Käräjämiehen (2014) mukaan ulkoilma-vesilämpöpumppulämmityksen aikana kasvihuoneiden lämpötiloja on pidetty noin 2 °C korkeampana ja tämän takia lämpöä on tehty enemmän. Koska lämpöä on tehty enemmän nykyisen järjestelmän aikana, täytyy tämä huomioida takaisinmaksuaikaa laskettaessa. Lämmitysenergiämäärän laskenta perustuu kaavaan 4. Uuden lämmitysjärjestelmän energiamäärästä vähennetään vanhan lämmitysjärjestelmän energiamäärä.

$$E = \eta \times V \times Q_{\text{öljy}}, \text{ missä}$$

KAAVA 4

$E$  = lämmitysenergian määrä

$\eta$  = öljykattilan hyötysuhde

$V$  = tilavuus

$Q_{\text{öljy}}$  = öljyn lämpöarvo

$$\begin{aligned} E(\text{vanha lämmitysjärjestelmä}) &= 0,8 \times 20\,000 \text{ l} \times 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} \\ &= 160\,000 \text{ kWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E(\text{uusi lämmitysjärjestelmä}) &= 0,8 \times 8\,000 \text{ l} \times 10 \frac{\text{kWh}}{\text{l}} + 103\,000 \text{ kWh} \\ &= 171\,000 \text{ kWh} \end{aligned}$$

Uuden lämmitysjärjestelmän aikana lämpöä on tehty vuodessa 11 000 kWh enemmän kuin vanhan järjestelmän aikana. Vuosittain rahaa kuluu tämän lämmitysmäärän tuottamiseen 1 430 €/vuosi (sähkönhinta 0,13 €/kWh). Toteutunut vuosittainen säästö on laskettu alla.

$$\text{Säästö vuodessa} = 8\,597 \text{ €} + 1\,430 \text{ €} = 10\,027 \text{ €}$$

Tämän jälkeen voidaan laskea investoinnin takaisinmaksuaika kaavalla 5. Takaisinmaksuajan laskennassa ei ole huomioitu laskentakorkoa.

$$n = \frac{H}{s}, \text{missä}$$

KAAVA 5

$n$  = takaisinmaksuaika

$H$  = investoinnin kustannus

$s$  = säästö vuodessa

$$n = \frac{70\,000\text{ €}}{10\,027\text{ €}} \approx 7 \text{ vuotta}$$

Käräjämiehen (2014) mukaan energia-avustuksia saatiin noin 9 000 € korkotukiavustuksien lisäksi. Alla on laskettu, miten energia-avustus vaikuttaa takaisinmaksuaikaan.

$$n = \frac{61\,000\text{ €}}{10\,027\text{ €}} \approx 6 \text{ vuotta}$$

## 5.6 Sijoitetun pääoman tuottoaste

Takaisinmaksuajan lisäksi lämpöpumppuinvestoinnin taloudellista kannattavuutta voidaan arvioida sijoitetun pääoman tuottoasteen mukaan. Sijoitetun pääoman tuottoaste (ROI) ilmaisee, kuinka paljon investoinnille saadaan tuottoa. (Tyni 2007.) Tuottoaste lasketaan kaavan 6 mukaan. Laskussa käytetään oletusta, että ulkoilma-vesilämpöpumppujärjestelmän romuarvo on 0 € ja investoinnin pitoaika 20 vuotta.

$$\text{Tuottoaste} = \left( \text{vuosituotto} - \left( \frac{\text{hankintakustannus} - \text{romuarvo}}{\text{investoinnin pitoaika}} \right) \left( \frac{\text{hankintakustannus}}{2} \right) \right) * 100 \% \quad \text{KAAVA 6}$$

$$\text{Tuottoaste} = \left( 8\,600\text{ €} - \left( \frac{70\,000\text{ €} - 0\text{ €}}{20\text{ vuotta}} \right) / \left( \frac{70\,000\text{ €}}{2} \right) \right) * 100 \% \approx 15 \%$$

Sijoitetun pääoman tuottoaste on noin 15 %, mikä on Kauppalehti Oy:n (2014) mukaan lähes erinomainen.

## 5.7 Hiilidioksidipäästöt

Tässä luvussa tarkastellaan, mikä vaikutus lämmitysjärjestelmän muutoksella on hiilidioksidipäästöihin. Taulukkoon 7 on koottu vanhan ja uuden lämmitysjärjestelmän hiilidioksidipäästöt vuodessa. Hiilidioksidipäästökertoimet ovat liitteenä (liite 4). Päästökertoimissa ei ole huomioitu polttoaineen tuotannon, raaka-aineen hankinnan eikä kuljetuksen välisiä hiilidioksidipäästöjä (Motiva Oy 2012). Sähkön CO<sub>2</sub>-päästökertoimena on käytetty koko Suomen keskimääräistä sähkönhankinnan päästökerrointa.

TAULUKKO 7. Vanhan ja uuden lämmitysjärjestelmän hiilidioksidipäästöt

	Vanha lämmitysjärjestelmä, 160 MWh öljyä ja 0,2 MWh sähköä	Uusi lämmitysjärjestelmä, 35,6 MWh sähköä ja 68 MWh öljyä
Öljyn CO <sub>2</sub> - päästökerroin (261 kg CO <sub>2</sub> /MWh)	41 600 kg CO <sub>2</sub>	17 748 kg CO <sub>2</sub>
Sähkön CO <sub>2</sub> - päästökerroin (210 kg CO <sub>2</sub> /MWh)	42 kg CO <sub>2</sub>	7 476 kg CO <sub>2</sub>
Yhteensä	41 642 kg CO <sub>2</sub>	25 224 kg CO <sub>2</sub>

Nykyisellä lämmitysjärjestelmällä hiilidioksidipäästöjä syntyy joka vuosi noin 16 400 kg eli noin 40 % vähemmän kuin vanhalla lämmitysjärjestelmällä.

## 5.8 Säästöarviot ympärivuotisessa toiminnassa

Jyrki Jalkasen (2014) mukaan 25 % kasvihuoneista on avoinna ympäri vuoden. Tässä luvussa arvioidaan, miten rahalliset säästöt ja hiilidioksidipäästöt muuttuisivat, jos Käräjämiehen Puutarha olisi toiminnassa ympäri vuoden.

Lämmitystarvelukujen avulla arvioidaan, paljonko lämmitykseen kuluisi energiaa vuodessa Käräjämiehen Puutarhalla. Taulukkoon 8 on koottu vertailukauden lämmitystarveluvut ajanjaksona, jolloin kasvihuoneet ovat tavallisesti suljettuina.

TAULUKKO 8. Vertailukauden lämmitystarveluvut lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun

Vertailukauden lämmitystarveluvut lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun							
Tammikuu	Helmikuu	Lokakuu	Marraskuu	Joulukuu	Yhteensä		
759	699	193	576	692	<b>2919</b>		

Käräjämiehen Puutarhan vuotuisen lämmitysenergiamäärän arviointi perustuu kaavoihin 7 ja 8. Ensimmäisessä kaavassa lasketaan lämmitystarvelukujen avulla lämmitysenergian prosentuaalinen osuus lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun. Toisessa kaavassa lasketaan lämmitysenergiamäärä vuodessa.

$$E_{\text{pros lok-hel}} = \frac{Q_{\text{lok-hel}}}{Q_{\text{koko vuosi}}}, \text{ missä} \quad \text{KAAVA 7}$$

$E_{\text{pros lok-hel}}$  = Lämmitysenergiamäärän prosentuaalinen osuus lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun

$Q_{\text{lok-hel}}$  = Lämmitystarveluvut lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun

$Q_{\text{koko vuosi}}$  = Koko vuoden lämmitystarveluvut

$$E_{\text{pros lok-hel}} = \frac{2919}{4510} = 0,6472283$$

$$E_{\text{vuosi}} = \frac{E_{\text{lok-hel}} \times E_{\text{pros lok-hel}}}{E_{\text{pros maa-lok}}} + E_{\text{lok-hel}}, \text{ missä} \quad \text{KAAVA 8}$$

$E_{\text{vuosi}}$  = Lämmitysenergian määrä vuodessa

$E_{\text{pros maa-lok}}$  = Lämmitysenergiamäärän prosentuaalinen osuus maaliskuun alusta lokakuun puoliväliin

$E_{\text{pros lok-hel}}$  = Lämmitysenergiamäärän prosentuaalinen osuus lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun

$E_{\text{lok-hel}}$  = Lämmitysenergian määrä lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun

$$E_{\text{vuosi}} = \frac{103,5 \text{ MWh} \times 0,6472283}{0,3527717} + 103,5 \text{ MWh} = 293,4 \text{ MWh}$$

Jos Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneet olisivat käytössä ympäri vuoden, lämmitystarvelukujen avulla arvioituna lämmitykseen kuluisi energiaa yhteensä 293,4 MWh. Öljyksi muutettuna tämä olisi 36 675 litraa 80 %:n hyötysuhteella. Öljyalan palvelukeskuksen (2014) mukaan öljylämmityksen rinnalle asennettava ulkoilma-vesilämpöpumppu vähentää öljynkulutusta oikein asennettuna vuodessa noin 50 %. Ulkoilma-vesilämpöpumpuilla tuotettaisiin siis 73,35 MWh lämmitysenergiaa ja öljyä kuluisi 18 337 litraa vuodessa.

Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneiden vuosihyötysuhde on 2,9. Tätä samaa vuosihyötysuhdetta ei voida kuitenkaan käyttää arvioitaessa lämmityskustannuksia siten, että kasvihuoneet olisivat toiminnassa ympäri vuoden. Ulkoilma-vesilämpöpumppujen hyötysuhde laskee ulkoilman viilentyessä ja yli -20 °C:n pakkasilla lämpöpumput sammuttavat itse itsensä. Motiva Oy:n (2014g) mukaan ulkoilma-vesilämpöpumppujen keskimääräinen vuosihyötysuhde on 2,0, joten sitä käytetään seuraavissa laskuissa.

Taulukkoon 9 on laskettu Käräjämiehen Puutarhan lämmityskustannusten arvio öljylämmityksellä ja ulkoilma-vesilämpöpumppujärjestelmällä, jos kasvihuoneet olisivat käytössä ympäri vuoden. Vattenfallin (2013) mukaan öljypolttimen

keskimääräinen sähkönkulutus vuodessa on 200 - 500 kWh. Seuraavissa laskuissa käytetään lukua 400 kWh vuodessa.

TAULUKKO 9. Käräjämiehen Puutarhan lämmityskustannusten arvio öljylämmityksellä ja ulkoilma-vesilämpöpöjärjestelmällä, jos kasvihuoneet olisivat käytössä koko vuoden

	Öljylämmitys, kulutus 36 675 l/vuosi + öljypolttimen sähkönkulutus 400 kWh/vuosi	Ulkoilma- vesilämpöpumppulämmitys, sähkönkulutus 73,4 MWh/vuosi + öljynkulutus 18 338 l/vuosi
Öljy (1,15 €/l)	42 176 €	21 008 €
Sähkö (0,13 €/kWh)	52 €	9536 €
Yhteensä	42 228 €	30 544 €

Säästöä kertyisi vuodessa noin 11 600 €. Ulkoilma-vesilämpöpumppujärjestelmällä säästettäisiin noin 28 % lämmityskustannuksista verrattuna puhtaaseen öljylämmitykseen. Takaisinmaksuaikaa ei voida arvioida, sillä tehomitoitus muuttuisi oleellisesti, jos kasvihuoneita lämmitettäisiin ympäri vuoden. Näin ollen kaksi WPL 57 -ulkoilma-vesilämpöpumppua eivät riittäisi.

Taulukkoon 10 on arvioitu hiilidioksidipäästöt öljylämmityksellä ja ilma-vesilämpöpöjärjestelmällä, jos kasvihuoneet olisivat käytössä ympäri vuoden.



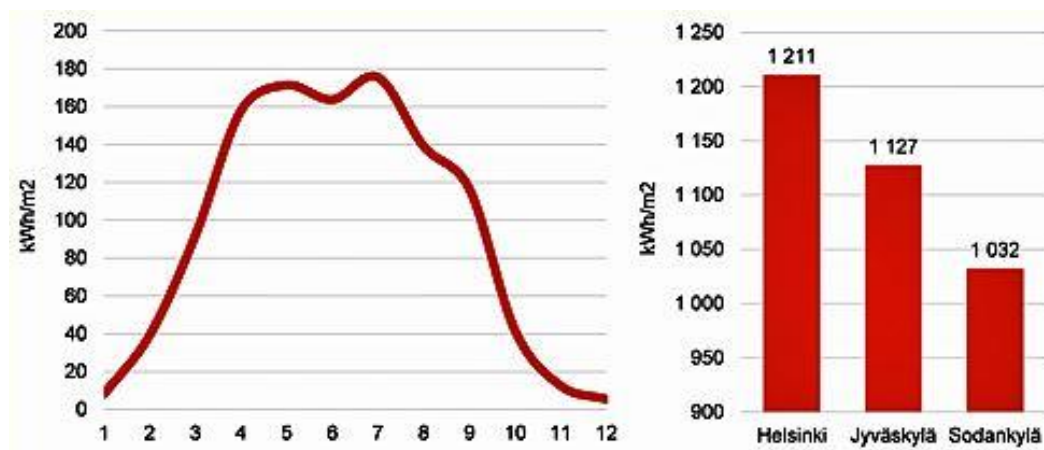
TAULUKKO 10. Hiilidioksidipäästöjen arvio vuodessa öljylämmityksellä ja ilma-vesilämpöpumpujärjestelmällä, jos kasvihuoneet olisivat käytössä ympäri vuoden

	Öljylämmitys 293,4 MWh/vuosi + öljypolttimen sähkönkulutus 0,4 MWh/vuosi	Ulkoilma-vesilämpöpumppulämmitys, sähköä 73,35 MWh/vuosi + öljynkulutus 146,7 MWh/vuosi
Öljyn CO <sub>2</sub> - päästökerroin (261 kg CO <sub>2</sub> /MWh)	76 577 kg CO <sub>2</sub>	38 288,7 kg CO <sub>2</sub>
Sähkön CO <sub>2</sub> - päästökerroin (210 kg CO <sub>2</sub> /MWh)	84 kg CO <sub>2</sub>	15 403,5 kg CO <sub>2</sub>
Yhteensä	76 661 kg CO <sub>2</sub>	53 692 kg CO <sub>2</sub>

Hiilidioksidipäästöjä kertyisi vuodessa noin 23 000 kg eli noin 30 % vähemmän ulkoilma-vesilämpöpumppujärjestelmällä kuin öljylämmityksellä, jos kasvihuoneet olisivat käytössä ympäri vuoden.

## 5.9 Kehitysehdotukset

Mikäli Käräjämiehen Puutarha haluaisi vähentää hiilidioksidipäästöjä vieläkin enemmän, voisi kasvihuoneiden ulkoilma-vesilämpöpumppujen käyttämän sähkön korvata uusiutuvalla sähköllä. Yksi vaihtoehto olisi korvata ulkoilma-vesilämpöpumppujen sähkö aurinkopaneeleilla tuotetulla sähköllä. Suomen olosuhteissa aurinkopaneelien tuotto on lähes olematon marraskuusta tammikuuhun, eli silloin, kun kasvihuoneet ovat kiinni. Muina kuukausina energiantuotto on vähintäänkin kohtuullista. Maaliskuun alussa suora aurinkosäteilyn määrä on noin 80 kWh/m<sup>2</sup> ja lokakuun puolivälissä noin 25 kWh/m<sup>2</sup>, kuten kuvista 12 näkyy (Motiva 2014c).



KUVIO 12. Keskimääräiset kuukausittaiset säteilymäärät Suomessa sekä kaupunkien väliset erot vuotuisissa säteilymäärissä (Motiva 2014c)

Ulkoilma-vesilämpöpumppujen kompressorit kuluttavat vuodessa yhteensä noin 35 600 kWh sähköä. Täsmällisen aurinkopaneelimitoituksen tekemiseen vaaditaan tarkkoja, kuukausittaisia kulutusseurantoja pidemmällä aikavälillä. Karkean arvion investoinnin kustannuksesta ja järjestelmän kokoluokasta voi kuitenkin laskea vuosisähkönkulutuksen perusteella. Aurinkopaneelien nimellisteho ilmoitetaan piikkiwatteina (Wp). Yhdellä piikkikilowatilla (kWp) voidaan Etelä-Suomessa tuottaa 800 - 1 000 kWh sähköä. Käräjämiehen Puutarhan aurinkopaneelijärjestelmän nimellistehon tulisi siis olla 35 - 45 kWp. Tämänkokoisen järjestelmän paneelien pinta-ala olisi 210 - 360 m<sup>2</sup> noin 13 % hyötysuhteella. (Motiva Oy 2014b.) Järjestelmän investointikustannukset olisivat karkeasti arvioituna 56 000 - 72 000 € (Motiva Oy 2014a). Tämän tyyppisen investoinnin taloudellista kannattavuutta on parempi tarkastella sijoitetun pääoman tuottoasteen kannalta kuin takaisinmaksuajan kannalta.

Kotimainen bioöljy eli pyrolyysiöljy on myös varteenotettava vaihtoehto mietittäessä hiilidioksidipäästöjen vähentämistä Käräjämiehen Puutarhalla. Bioöljy on orgaanisesta bioperäisestä aineesta valmistettua polttoainetta, jolla voidaan joissain tapauksissa suoraan korvata fossiilisten polttoöljyjen käyttö energiantuotannossa. Nykyaikaisissa öljykattiloissa on mahdollista polttaa kevyen polttoöljyn lisäksi bioöljyä. (Green Fuel Nordic Oy 2012.) Helsingin energian

(2014) mukaan biopohjaisten öljyjen markkinat eivät ole kuitenkaan vielä kehittyneet kuluttajien kannalta huokutteleviksi.

## 6 TULOKSET

Käräjämiehen Puutarhalla tehtiin vuonna 2012 lämmitysjärjestelmäsaneeraus. Öljykattilan rinnalle asennettiin Stiebel Eltronin kaksi WPL 57 -mallista ulkoilma-vesilämpöpumppua. Laskennallisesti pystytään osoittamaan, että järjestelmä on toiminut vuosihyötysuhteella 2,9. Öljy on ollut toisena lämmönlähteenä. Rahallisia säästöjä kertyy vuosittain noin 8 600 €. Nykyisellä järjestelmällä lämmittämiseen kuluu rahaa 38 % vähemmän kuin aikaisemman lämmitysjärjestelmän aikana. Hiilidioksidipäästöjä kertyy nykyisellä järjestelmällä 40 % vähemmän.

Noin 25 % suomalaisista kasvihuoneista on toiminnassa ympäri vuoden. Tällaisissa kohteissa laskennallisen arvion mukaan ulkoilma-vesilämpöpumppujärjestelmällä säästettäisiin rahaa noin 28 % vuodessa verrattuna puhtaaseen öljylämmitykseen. Hiilidoksidipäästöissä syntyvät säästöt olisivat noin 30 %. Nämä luvut ovat kuitenkin vain suuntaa-antavia. Tarkempia lukujen laskemiseen pitäisi olla Käräjämiehen Puutarhaa vastaava referenssikohde, joka olisi toiminnassa ympäri vuoden ja lämpiäisi osittain ulkoilma-vesilämpöpumpuilla.

Käräjämiehen Puutarhalla saavutettuun hyvään vuosihyötysuhteeseen vaikuttaa moni tekijä. Muiden kasvihuoneiden tavoin siellä ei normaalisti tarvita käyttövedettä. Lämpimän käyttöveden teko laskee hyötysuhdetta. Toinen tärkeä tekijä on se, että kasvihuoneet ovat avoinna vain osan vuodesta. Talvella, kun lämmitystarve on korkeimmillaan, kasvihuoneet ovat kiinni. Ulkoilma-vesilämpöpumput toimivat talviaikaan huonolla hyötysuhteella, koska kompressorit joutuu tuottamaan suuremman lämpötilaeron ja höyrystinpatteri täytyy sulattaa tietyin väliajoin. Lisäksi onnistunut järjestelmämitoitus on edellytys hyvään vuosihyötysuhteeseen.

Mikäli Käräjämiehen Puutarhalla halutaan tulevaisuudessa nostaa uusiutuvan energian osuutta kasvihuoneiden lämmityksessä, sopivin vaihtoehto tähän lienee aurinkopaneelit. Aurinkopaneeleilla korvattaisiin ulkoilma-vesilämpöpumppujen käyttämä sähkö. Toinen vaihtoehto on korvata öljypolttimessa poltettu öljy kotimaisella bioöljyllä.

## 7 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoitus oli perehtyä ulkoilma-vesilämpöpumppujen toimintaan ja osoittaa, että ne soveltuvat kauppapuutarhojen lämmitykseen. Tavoitteena oli laskennallisesti selvittää, minkälaisia todellisia säästöjä Käräjämiehen Puutarhalla on jo saatu aikaan ja arvioidaan tulevaisuudessa saavutettavan.

Ulkoilma-vesilämpöpumput ovat uusin lämpöpumpputekniikkaa hyödyntävä lämmitysratkaisu. Pumppu kerää energiaa ulkoilmasta aina noin  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ :seen saakka ja siirtää sen vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään ja käyttöveteen. Ulkoilma-vesilämpöpumppujen teho ja hyötysuhde vaihtelevat ulkolämpötilan mukaan. Pumpun hyötysuhde laskee sitä enemmän, mitä suuremman lämpötilaeron kompressori joutuu tekemään. Hyötysuhde laskee myös höyrystinpatterin sulatusjaksojen takia. Toisaalta ulkoilma-vesilämpöpumpun etuna esimerkiksi maalämpöön verrattuna on matalampi investointikustannus, helpompi asennustyö sekä se, että keruupiiriä ei tarvitse erikseen rakentaa. Oikeanlaiseen kohteeseen asennettu ulkoilma-vesilämpöpumppu voi olla vuosihyötysuhteeltaan maalämpöjärjestelmän veroinen.

Käräjämiehen Puutarhalla tehtiin huhtikuussa 2012 lämmitysjärjestelmäsaneeraus. Öljylämmitys korvattiin Stiebel Eltronin kahdella WPL 57 -mallisella ulkoilma-vesilämpöpumpulla. Öljy jäi toiseksi lämmöntuottajaksi. Pumput ovat olleet toiminnassa noin kolme vuotta ja järjestelmä on toiminut vuosihyötysuhteella 2,9. Laskennallisesti voitiin osoittaa, että lämmittämiseen kuluu vuosittain 38 % vähemmän rahaa kuin aikaisemmalla lämmitysjärjestelmällä. Investoinnin sijoitetun pääoman tuottoaste on 15 % eli lähes erinomainen. Hiilidioksidipäästöjä kertyy vuosittain 40 % vähemmän. Hyvän vuosihyötysuhteen yksi avaintekijä on se, että Käräjämiehen Puutarha on suljettuna lokakuun puolivälistä helmikuun loppuun eli vuoden kylmimmät kuukaudet. Kasvihuoneilla ei tarvita käyttövettä, mikä edesauttaa myös hyvää vuosihyötysuhdetta. Osa Suomessa olevista kauppapuutarhoista on toiminnassa ympäri vuoden. Jos tällaiseen kohteeseen tehtäisiin samanlainen lämmitysjärjestelmäsaneeraus kuin Käräjämiehen Puutarhalle, lämmityskustannuksissa säästettäisiin vuodessa arviolta noin 28 %

verrattuna puhtaaseen öljylämmitykseen. Hiilidioksidipäästöjä kertyisi noin 30 % vähemmän. Heikommat säästöt johtuvat siitä, että ulkoilma-vesilämpöpumppujen vuosihyötysuhde laskee, kun kasvihuoneita lämmitetään myös talvikuukausina.

Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneiden lämmitysjärjestelmän hiilidioksidipäästöjä voitaisiin vähentää nykyisestä tasosta korvaamalla ulkoilma-vesilämpöpumppujen käyttämä sähkö esimerkiksi aurinkopaneeleilla. Lisäksi rinnalla toimiva öljy voitaisiin vaihtaa Suomessa valmistettuun bioöljyyn.

Käräjämiehen Puutarhan kasvihuoneisiin asennettujen ulkoilma-vesilämpöpumppujen avulla on nostettu uusiutuvan energian osuutta, lisätty energiatehokkuutta sekä vähennetty hiilidioksidipäästöjä. Toisin sanoen lämmitysjärjestelmäsaneerauksella vaikutettiin kaikkiin 20-20-20-sopimuksen osatavoitteisiin.

## LÄHTEET

Andersson, O. 2014a. Toimitusjohtaja. Stiebel Eltron Oy. Esitys 1.9.2014.

Andersson, O. 2014b. Toimitusjohtaja. Stiebel Eltron Oy. Haastattelu 6.11.2014.

Bielefeld, J. 2014. RE: Air-water heat pumps [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Vesalainen, E. Lähetetty 29.9.2014.

Bruggemans, F. 2011. System build up and description of the 2-stage DAIKIN Altherma Flex Type Air-to-Water heat pump for multi family houses. REHVA Journal 8/2011: 31-33.

Energiatehokas koti. 2014. Ilma-vesilämpöpumppu [viitattu 9.9.2014]. Saatavissa: [http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan\\_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-\\_ja\\_maalampopumput/ilma-vesilampopumppu](http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilmalampo-_ja_maalampopumput/ilma-vesilampopumppu)

Fränti, H. 2010. Maalämpöpumppujen lämpökertoimien mittausta ja lämpökertoimiin vaikuttavat tekijät. Aalto Yliopisto, Insinööritieteiden ja arkkitehtuurin tiedekunta. Energiatekniikan diplomityö.

Green Fuel Nordic Oy. 2012. Bioöljy [viitattu 2.11.2014]. Saatavissa: <http://www.greenfuelnordic.fi/biooljy>

Hautala, M. & Peltola H. 2011. Insinöörin (AMK) Fysiikka, osa 1. 10. painos. Saarijärvi: Saarijärven OFFSET Oy.

Helsingin Energia. 2014. Bioöljy käyttöön Östersundomissa. Saatavissa: <https://www.helen.fi/Uutiset/2014/Biooljy-kayttoon-Ostersundomissa/>

Hirvonen, J. 2014. RE: Insinööritieto [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Vesalainen, E. Lähetetty 30.9.2014.

Hundy, G. & Winanby, E. 2008. Refrigerant and Scroll Compressor Options for Best Performance of Various European Heat Pump Configurations [viitattu 20.10.2014]. Dokumentti. Saatavissa: <http://docs.lib.purdue.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1894&context=iracc>

IEA Heat Pump Centre. 2014. How does a heat pump work? [viitattu 16.9.2014].

Saatavissa:

<http://www.heatpumpcentre.org/EN/ABOUTHEATPUMPS/HOWHPWORKS/Sidor/default.aspx>

Ilmatieteenlaitos. 2014. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku [viitattu

14.10.2014]. Saatavissa: <http://ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut>

Jalkanen, J. 2014. RE: Opinnäytetyö: Ulkoilma-vesilämpöpumppujen

hyödyntäminen kauppapuutarhoissa [sähköpostiviesti]. Vastaanottaja Vesalainen,

E. Lähetetty 22.9.2014.

Kauppalehti Oy. 2014. Sijoitetun pääoman tuotto-% (ROI) [viitattu 6.11.2014].

Saatavissa:

[http://www.balanceconsulting.fi/tunnusluvut/sijoitetun\\_paaoman\\_tuotto](http://www.balanceconsulting.fi/tunnusluvut/sijoitetun_paaoman_tuotto)

Käräjämiehen Puutarha. 2014a. Tuotteet [viitattu 17.9.2014]. Saatavissa:

<http://www.karajamiehenpuutarha.fi/istutukset-kukka-taimet>

Käräjämiehen Puutarha. 2014b. Yritys [viitattu 17.9.2014]. Saatavissa:

<http://www.karajamiehenpuutarha.fi/pihasuunnittelut-puiden-viherrakennukset>

Käräjä mies, V. 2014. Käräjämiehen Puutarhan omistaja. Haastattelu 23.9.2014.

Laita, S & Sjöholm, J. 2014. Tutkijat iloitsevat otsonikerroksen parantumisen

ensimerkeistä. Helsingin Sanomat 10.9.2014. Saatavissa:

<http://www.hs.fi/ulkomaat/a1410326150471>

Laitinen, J. 2010. Pieni suuri energiakäsikirja – opas energiatehokkaaseen asumiseen. Tallinna: Kolofon Baltic.

Linden, T. 2014. Uusien kylmäaineiden vaikutus lämpöpumppualaan. Luento

Lämpöpumppualan 15-vuotisjuhlaseminaarissa 30.10.2014.

LVI 61-10461. 2010. Kylmäainetilanne 2010. Rakennustieto Oy.

Lämpövinkki Oy. 2014. Lämmitysmuotojen hintavertailu [viitattu 24.10.2014].

Saatavissa: <http://www.lampovinkki.fi/hintavertailu/>



Maa- ja metsätalousministeriö tietopalvelukeskus. 2014. Puutarhatilastot 2013 [viitattu 17.9.2014]. Saatavissa: <http://www.maataloustilastot.fi/e-lehti-puutarhatilastot-2013/index.html>

Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto. 2014. Puutarhatilat Suomessa [viitattu 17.9.2014]. Saatavissa: [http://www.mtk.fi/maatalous/maatilat\\_suomessa/puutarhatilat/fi\\_FI/puutarhatilat/](http://www.mtk.fi/maatalous/maatilat_suomessa/puutarhatilat/fi_FI/puutarhatilat/)

Motiva Oy. 2012. Yksittäisen kohteen CO<sub>2</sub> -päästöjen laskentaohjeistus sekä käytettävät CO<sub>2</sub> -päästökertoimet [viitattu 26.9.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/6817/CO2-laskenta\\_yksittainen\\_kohde.pdf](http://www.motiva.fi/files/6817/CO2-laskenta_yksittainen_kohde.pdf)

Motiva Oy. 2014a. Aurinkosähköjärjestelmien hinta [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelmien\\_hinta](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelmien_hinta)

Motiva Oy. 2014b. Aurinkosähköjärjestelmän teho [viitattu 6.11.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman\\_valinta/aurinkosahkojarjestelman\\_teho](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/jarjestelman_valinta/aurinkosahkojarjestelman_teho)

Motiva Oy. 2014c. Aurigonsäteilyn määrä Suomessa [viitattu 2.11.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva\\_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon\\_perusteet/aurigonsateilyn\\_maara\\_suomessa](http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/aurinkoenergia/aurinkosahko/aurinkosahkon_perusteet/aurigonsateilyn_maara_suomessa)

Motiva Oy. 2014d. Hanki hallitusti ulkoilma-vesilämpöpumppu. Esite.

Motiva Oy. 2014e. Ilma-vesilämpöpumppu, UVLP [viitattu 21.10.2014]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman\\_valinta/eri\\_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu\\_uvlp](http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/ilma-vesilampopumppu_uvlp)

Motiva Oy. 2014f. Lämpöä ilmassa. Esite.

Motiva Oy. 2014g. Tutkittua säästöä ilma-vesilämpöpumpulla. Tiedote.

Saatavilla: [http://motiva.fi/files/5919/Tutkittua\\_saastoa\\_ilma-vesilampopumpulla.pdf](http://motiva.fi/files/5919/Tutkittua_saastoa_ilma-vesilampopumpulla.pdf)

Pirttikoski, M. 2014. LVI-järjestelmien parantaminen energiaremontin yhteydessä. Oulun ammattikorkeakoulu, Tekniikan laitos. Talotekniikan opinnäytetyö.

Sanoma Media Finland Oy/Taloussanomat. 2014. Stiebel Eltron Oy [viitattu 12.9.2014]. Saatavissa: <http://yritys.taloussanomat.fi/y/stiebel-eltron-oy/mantsala/2528813-5/>

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014a. Company [viitattu 2.11.2014]. Saatavissa: <http://www.stiebel-eltron.de/en/unternehmen/presse/pressefotos/unternehmen/>

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014b. Company profile [viitattu 12.9.2014]. Saatavissa: <http://www.stiebel-eltron.de/en/unternehmen/presse/unternehmensprofil/unternehmensdarstellung/>

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014c. Data and facts [viitattu 12.9.2014]. Saatavissa: <http://www.stiebel-eltron.de/en/unternehmen/presse/unternehmensprofil/daten-und-fakten/>

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014d. Hot water and buffer tanks for heat pumps [viitattu 14.10.2014]. Saatavissa: <http://www.stiebel-eltron.co.uk/business-partners/news/technical-expert-blog/hot-water-and-buffer-tanks-for-heat-pumps/>

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014e. Ilma-vesilämpöpumppu WPL 10 A, WPL 10 I, WPL 10 IK. Asennusohje.

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014f. Ilma-vesilämpöpumppu WPL 10 AC, WPL 10 ACS. Käyttö- ja asennusohje.

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014g. Ilma-vesilämpöpumppu WPL 13 E, WPL 18 E, WPL 23 E, WPL 13 cool, WPL 18 cool, WPL 23 cool. Käyttö- ja asennusohje.

Stiebel Eltron GmbH & Co. KG. 2014h. Ilma-vesilämpöpumppu WPL 34, WPL 47, WPL 57. Käyttö- ja asennusohje.

Stiebel Eltron Oy. 2014. Riippumattomuus. Esite.

Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry. 2012. SULPU tiedottaa, COP COP -tosi on? [viitattu 15.9.2014]. Saatavissa: [http://www.sulpu.fi/uutiset/-/asset\\_publisher/WD1ExS3CMra3/content/cop-cop-tosi-o-1](http://www.sulpu.fi/uutiset/-/asset_publisher/WD1ExS3CMra3/content/cop-cop-tosi-o-1)

Suomen Lämpöpumppuyhdistys SULPU ry. 2014. Jäsenyrytykset [viitattu 18.10.2014]. Saatavissa: <http://www.sulpu.fi/sulpu-jasenet#c>

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 2014. RIL 265-2014, Uusiutuvien lähienergioiden käyttö rakennuksissa. Tammerprint.

Tyni, T. 2007. Erityisasiantuntija. Kuntaliitto. Investointien edullisuusvertailu. Esitys 25.5.2007.

Työ- ja Elinkeinoministeriö. 2013. EU:n energiayhteistyö [viitattu 2.11.2014]. Saatav Vattenfall. 2013. Sähkölaitteiden keskimääräinen sähkönkulutus [viitattu 5.11.2014]. Saatavissa: <http://www.vattenfall.fi/fi/keskimaarainen-kulutus.htm>issa: [https://www.tem.fi/energia/eu\\_n\\_energiayhteisty](https://www.tem.fi/energia/eu_n_energiayhteisty)

Weckström, H. 2011. Ilma, vesi ja sähkö öljyn tilalle. Rakennusmaailma 6/2011, 33 - 43.

Weckström, H. 2014. Käytä oikein ilmalämpöpumppua. Rakennusmaailma 10/2014, 32 - 37.

Öljyalan Keskusliitto. 2014. Lämmitysöljy - kevyt polttoöljy [viitattu 26.9.2014]. Saatavissa: <http://www.oil.fi/fi/lammitys/lammitysoljy-kevyt-polttooljy>

Öljyalan palvelukeskus Oy. 2014. Valitse sopiva rinnakkaislämmitys [viitattu 1.10.2014]. Saatavissa: [http://www.oil.fi/sites/default/files/opk\\_hybridiesite\\_2014\\_lores\\_0.pdf](http://www.oil.fi/sites/default/files/opk_hybridiesite_2014_lores_0.pdf)

## LIITTEET

LIITE 1. Käräjämiehen Puutarhan lämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio

LIITE 2. Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981–2010

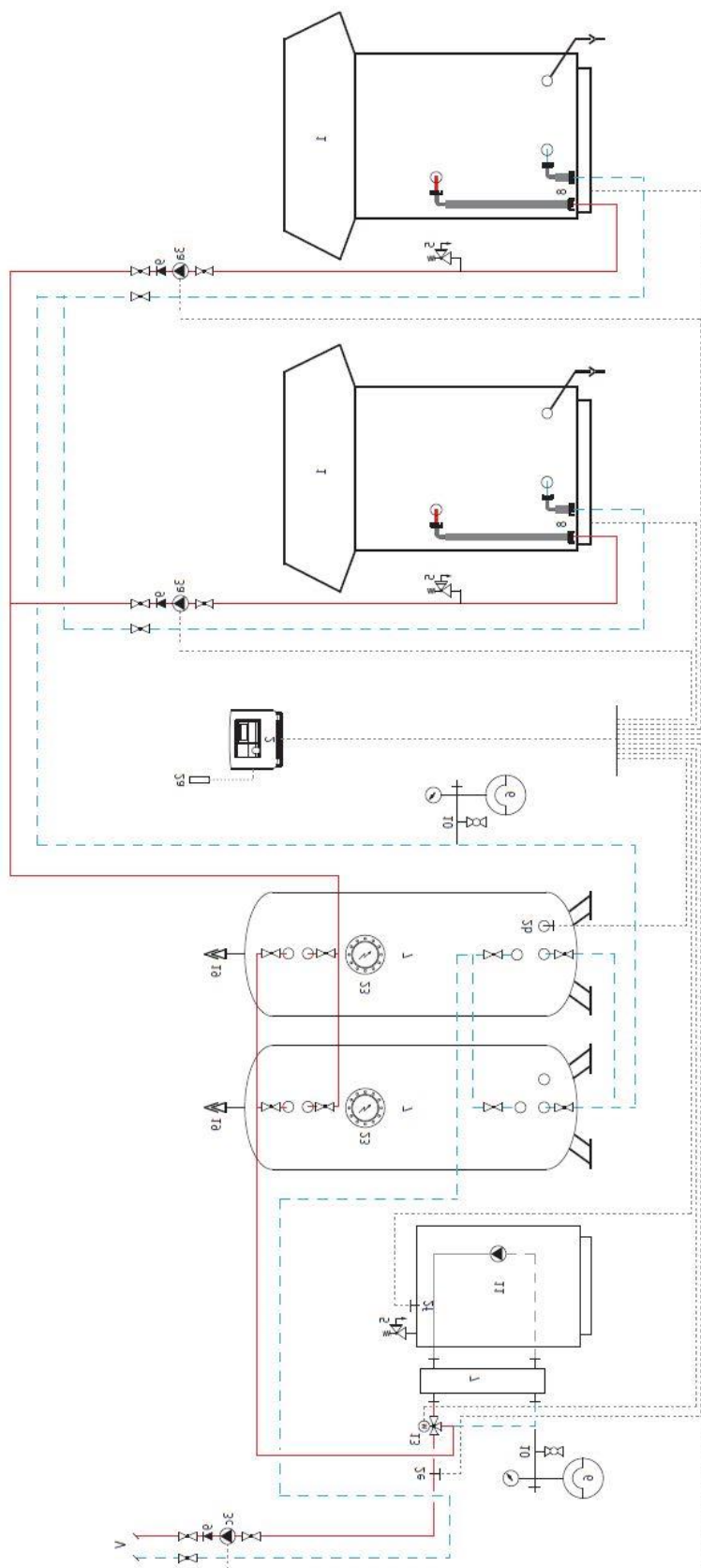
LIITE 3/1. Lämmitystarveluvut vuosina 2012 ja 2013

LIITE 3/2. Lämmitystarveluvut vuonna 2014

LIITE 4. Energian hinnat

LIITE 5. Polttoaineiden ja sähkön CO<sub>2</sub>-päästökertoimet

## LIITE 1. Kärjämiehen Puutarhan lämmitysjärjestelmän kytkentäkaavio



LIITE 2. Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981–2010 (Ilmatieteenlaitos 2014)

**Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981-2010**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	592	567	551	406	216	34	3	17	135	308	432	542	3803
Vantaa	682	640	586	376	146	16	2	21	158	348	497	625	4097
Helsinki	647	612	566	383	153	11	1	12	125	316	464	588	3878
Pori	677	633	585	389	181	26	3	25	171	352	497	622	4161
Turku	663	625	575	377	161	19	2	18	149	338	486	608	4021
Tampere	724	675	612	400	176	28	5	34	192	382	529	667	4424
Lahti	726	677	610	395	159	20	4	31	191	383	528	668	4392
Lappeenranta	759	699	621	403	165	22	5	28	184	386	546	692	4510
Jyväskylä	785	721	646	440	206	40	10	56	227	414	569	718	4832
Vaasa	719	666	619	424	214	29	5	35	192	377	526	663	4469
Kuopio	812	741	653	445	198	31	7	38	194	400	571	735	4825
Joensuu	826	753	665	456	216	39	10	47	215	416	589	752	4984
Kajaani	864	777	695	479	251	57	17	75	245	441	618	785	5304
Oulu	824	742	677	465	249	47	9	55	224	423	593	749	5057
Sodankylä	946	838	760	548	345	106	49	136	316	523	722	891	6180
Ivalo	923	819	755	557	377	146	69	147	318	523	722	875	6231

Päivitetty viimeksi 20.1.2014 klo 8:13.

LIITE 3/1. Lämmitystarveluvut vuosina 2012 ja 2013 (Ilmatieteenlaitos 2014)

**Lämmitystarveluvut 2012 (°Cvrk)**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	585	613	461	410	206	44	0	6	111	337	389	641	3803
Vantaa	683	728	535	382	106	15	0	6	113	340	415	736	4059
Helsinki	633	692	502	387	120	8	0	0	75	302	386	692	3797
Pori	688	689	509	406	146	50	0	0	141	364	404	756	4153
Turku	680	686	504	382	138	25	0	0	121	347	400	736	4019
Tampere	746	751	547	433	148	48	0	29	170	391	446	797	4506
Lahti	735	772	551	407	134	16	0	36	166	378	447	785	4427
Lappeenranta	744	830	581	422	121	15	0	37	154	385	463	836	4588
Jyväskylä	821	818	590	471	158	39	0	58	208	410	476	887	4936
Vaasa	716	713	520	451	188	32	0	16	165	394	438	809	4442
Kuopio	818	858	609	476	152	23	0	39	168	387	486	893	4909
Joensuu	815	888	632	488	167	23	0	58	169	413	504	884	5041
Kajaani	865	884	650	513	222	62	0	77	227	437	529	945	5411
Oulu	809	833	611	499	235	71	0	67	228	434	510	912	5209
Sodankylä	913	952	693	575	322	126	44	124	298	529	633	977	6186
Ivalo	868	898	675	568	329	170	83	125	310	511	623	960	6120

Päivitetty viimeksi 30.5.2013 klo 9:18.

**Lämmitystarveluvut 2013 (°Cvrk)**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	650	515	676	431	96	8	0	0	93	283	369	432	3553
Vantaa	711	554	733	429	57	0	0	0	103	317	406	488	3798
Helsinki	678	527	690	417	73	0	0	0	91	291	370	455	3592
Pori	663	529	707	423	71	0	0	0	98	331	399	477	3698
Turku	700	544	729	438	76	0	0	0	100	319	395	468	3769
Tampere	719	560	768	442	71	0	0	16	125	361	439	515	4016
Lahti	730	564	763	441	58	0	0	11	123	367	444	522	4023
Lappeenranta	756	581	770	433	64	0	0	0	96	350	440	541	4031
Jyväskylä	751	585	810	461	76	0	22	24	168	391	477	547	4312
Vaasa	681	564	739	443	108	0	0	0	101	340	439	507	3922
Kuopio	760	600	821	449	110	0	6	0	110	376	472	560	4264
Joensuu	785	604	830	458	111	7	7	16	128	391	478	585	4400
Kajaani	794	647	892	497	155	8	23	25	139	415	519	616	4730
Oulu	778	633	841	486	163	8	11	25	108	408	510	586	4557
Sodankylä	883	740	937	536	213	37	53	59	206	516	688	780	5648
Ivalo	834	727	925	545	235	52	63	49	201	518	673	754	5576

Päivitetty viimeksi 2.1.2014 klo 8:00.



LIITE 3/2. Lämmitystarveluvut vuonna 2014 (Ilmatieteenlaitos 2014)

**Lämmitystarveluvut 2014 (°Cvrk)**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Vuosi
Maarianhamina	604	434	447	374	234	40	0	6					
Vantaa	756	487	479	304	182	27	0	5					
Helsinki	709	472	461	317	183	24	0	0					
Pori	762	461	459	356	193	41	6	0					
Turku	741	465	461	332	187	33	0	15					
Tampere	822	489	495	368	212	52	6	25					
Lahti	804	495	506	357	202	52	5	23					
Lappeenranta	822	515	503	340	197	35	0	13					
Jyväskylä	835	510	512	391	238	63	5	34					
Vaasa	782	476	487	382	207	42	5	19					
Kuopio	842	516	504	398	224	50	5	20					
Joensuu	850	528	523	416	236	65	6	21					
Kajaani	885	526	549	452	249	118	0	44					
Oulu	849	511	536	439	225	91	5	29					
Sodankylä	994	589	649	516	311	164	17	104					
Ivalo	970	585	654	509	363	181	23	116					

Päivitetty viimeksi 1.9.2014 klo 10:52.



LIITE 4. Energian hinnat (Lämpövinkki Oy, 2014)

Energian hinnat ja hankintamäärät

	Öljy	Sähkö	Pelletti	Kaukolämpö
Hankintayksikkö	litra	kWh	tonni	MWh
Hankintamäärä/vuosi	1	8	0,0	0,0
Yksikköhinta euroissa	1,15 €	0,13 €	245,00 €	95,00 €

LIITE 5. Polttoaineiden ja sähkön CO<sub>2</sub>-päästökertoimet (Motiva Oy 2012)

**Polttoainekohtaiset CO<sub>2</sub>-päästökertoimet**

<b>Polttoaineet</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/MWh</b>
Raskas polttoöljy	284
Kevyt polttoöljy	261
Maakaasu	198
Nestekaasu	234
Turve	381
Kivihiili	341
Koksi	389
Puuperäiset polttoaineet	0

**Sähkön CO<sub>2</sub>-päästökertoimet**

<b>Sähkö</b>	<b>kgCO<sub>2</sub>/MWh</b>
<u>Ostosähkö</u> (CO <sub>2</sub> -päästökertoimien K1 ja K2 määrittely käsitelty tämän laskentaohjeen kohdassa 2.2.1)	Oman sähkönmyyjän ilmoittama laskennallinen CO <sub>2</sub> -päästökerroin K1 Rinnalla suositellaan laskentaa myös Suomen keskimääräisellä sähkönhankinnan CO <sub>2</sub> -päästökertoimella K2=210 kgCO <sub>2</sub> /MWh (viimeisin päivitetty tieto löytyy Motivan verkkosivuilta <sup>1)</sup> )
<u>Oma sähköntuotanto</u> (CO <sub>2</sub> -päästökertoimen määrittely käsitelty tämän laskentaohjeen kohdassa 2.2.2)	CO <sub>2</sub> -päästökerroin käytettyjen polttoaineiden mukaan. Yhdistetyssä sähkön- ja lämmöntuotannossa polttoaineiden ja päästöjen jako sähkölle ja lämmölle tehdään hyödynjakomenetelmään perustuen.
<u>Marginaaliperusteinen</u> (CO <sub>2</sub> -päästökertoimen perusteet ja käyttö käsitelty tämän laskentaohjeen kohdassa 2.2.3)	Sähkön marginaaliperusteinen CO <sub>2</sub> -kerroin K3 <b>Huom!</b> Soveltuu vain energian kulutusmuutosten aiheuttamien CO <sub>2</sub> -päästömuutosten laskentaan (kts. 2.2.3).